

# **DIMENSIONAMENTO DE REDES DE SPRINKLERS**

**RICARDO JORGE VAZ DA SILVA**

Dissertação submetida para satisfação parcial dos requisitos do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL — ESPECIALIZAÇÃO EM CONSTRUÇÕES**

---

Orientador: Professor Doutor Francisco Taveira Pinto

---

Coorientador: Engenheiro Diogo Leite

OUTUBRO DE 2012

## **MESTRADO INTEGRADO EM ENGENHARIA CIVIL 2011/2012**

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL

Tel. +351-22-508 1901

Fax +351-22-508 1446

✉ [miec@fe.up.pt](mailto:miec@fe.up.pt)

*Editado por*

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 PORTO

Portugal

Tel. +351-22-508 1400

Fax +351-22-508 1440

✉ [feup@fe.up.pt](mailto:feup@fe.up.pt)

🌐 <http://www.fe.up.pt>

Reproduções parciais deste documento serão autorizadas na condição que seja mencionado o Autor e feita referência a *Mestrado Integrado em Engenharia Civil - 2011/2012 - Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012.*

As opiniões e informações incluídas neste documento representam unicamente o ponto de vista do respectivo Autor, não podendo o Editor aceitar qualquer responsabilidade legal ou outra em relação a erros ou omissões que possam existir.

Este documento foi produzido a partir de versão electrónica fornecida pelo respectivo Autor.

À minha família, em especial ao meu querido Pai!



## **AGRADECIMENTOS**

A concretização deste trabalho, apresentado como resultado de um trabalho individual, é na verdade resultante de todo um conjunto de pesquisas e ensinamentos de que o autor se socorreu.

Todo o trabalho de formação e de construção de conhecimentos, assim como a obtenção dos objetivos propostos não seriam possíveis de atingir, sem a sinergia e estímulo de várias pessoas.

Deste modo, fica aqui o meu mais sincero agradecimento:

Ao Prof. Doutor Francisco Taveira Pinto, orientador de tese, por toda a disponibilidade demonstrada, assim como pelos esclarecimentos e conhecimentos transmitidos;

Ao Sr. Eng.º Diogo Leite, coorientador de tese e Diretor Técnico da Empresa SOPSEC, pelo apoio e compreensão demonstrada;

Ao Sr. Eng.º André Apolinário (SOPSEC) pelo apoio que me deu sempre que necessitava;

Ao colega e amigo Eng.º Ricardo Vares, um agradecimento especial, não só pela partilha de conhecimentos como pelas forças que me deu para avançar e vencer os obstáculos que foram surgindo;

A toda a minha família, pelo apoio incondicional, pela compreensão, e por me proporcionarem condições para poder chegar até aqui, pois sem eles a realização deste trabalho não teria sido possível.



## **RESUMO**

O presente documento aborda a temática da Segurança Contra Incêndio em Edifícios, subordinado ao tema de “Dimensionamento de Redes de Sprinklers”.

Tem como objetivo geral, em relação à temática dos sistemas de combate a incêndios com água em edifícios, uma súmula dos pontos mais relevantes, realçando a importância da mesma na segurança das pessoas e bens.

É destacado o sistema automático de extinção por água utilizando sprinklers, descrevendo elementos constituintes de uma rede, até à abordagem de responsabilidades dos vários intervenientes na exploração e manutenção da mesma.

Inclui uma análise estruturada que vai desde a classificação dos diferentes tipos de sprinklers, até à aplicação de cada tipo de sprinkler no espaço a proteger.

São apresentadas metodologias de dimensionamento aplicadas a um projeto real, com vista, não só à sua compreensão de aplicação, como também a uma análise técnico-económica (custos) das soluções apresentadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sprinklers, Segurança, Incêndio, Projeto, Custos.





## **ABSTRACT**

This paper addresses the issue of Fire Safety in Buildings, under the topic of “Design of Networks Sprinklers”.

Its overall goal, in relation to the issue of fire fighting systems with water in buildings, by summing up the most relevant knowledge highlighting its importance to the security of persons and property.

Is highlighted the automatic fire extinguishing system by water using sprinklers, describing components of a network, until the approach of the responsibilities of the various stakeholders in its exploration and maintenance.

Includes a structured analysis that goes from the classification of different types of sprinklers, until implementation of each type of sprinkler to the protect space.

For their better understanding of application, appropriate calculation methodologies are applied in a real project, in order to achieve as well a technical-economic (costs) analysis of the presented solutions.

**KEYWORDS:** Sprinklers, Safety, Fire, Project, Costs.



## ÍNDICE GERAL

<b>AGRADECIMENTOS</b> .....	i
<b>RESUMO</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xiii
<b>ÍNDICE DE QUADROS</b> .....	xv
<b>SÍMBOLOS E ABREVIATURAS</b> .....	xvii

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	1
1.1. MOTIVAÇÃO .....	1
1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS .....	2
1.2.1. ÂMBITO .....	2
1.2.2. OBJETIVOS .....	2
1.2.3. ESTRUTURA DO TRABALHO .....	2
<b>2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO</b> .....	3
2.1. DESENVOLVIMENTO E PROPAGAÇÃO DE UM INCÊNDIO .....	3
2.1.1. FASES DE DESENVOLVIMENTO DE UM INCÊNDIO .....	3
2.1.2. A PROPAGAÇÃO DE UM INCÊNDIO NUM EDIFÍCIO .....	5
2.2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO .....	5
2.2.1. ASPETOS GERAIS .....	5
2.2.2. UTILIZAÇÕES-TIPO DE EDIFÍCIOS E RECINTOS .....	6
2.2.3. LOCAIS DE RISCO .....	7
2.2.4. CATEGORIAS DE RISCO .....	8
2.2.5. ENTIDADES COM RESPONSABILIDADE NA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO .....	9
2.3. MEIOS DE INTERVENÇÃO NOS EDIFÍCIOS .....	9
2.3.1. EXTINÇÃO DE UM INCÊNDIO NUM EDIFÍCIO .....	9
2.3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS .....	10
2.3.2.1. Norma europeia .....	10
2.3.2.2. Metodologia para determinar a categoria dos bens armazenados .....	11
2.3.2.3. Norma americana .....	11

<b>3. SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE EXTINÇÃO POR ÁGUA</b>	13
<b>3.1. MECANISMOS DE EXTINÇÃO COM ÁGUA</b>	13
<b>3.2. CLASSES DE FOGOS</b>	13
<b>3.3. ESCOLHA DO AGENTE EXTINTOR EM CADA CLASSE DE FOGOS</b>	14
<b>3.4. SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIOS POR ÁGUA (SPRINKLERS)</b>	14
<b>3.5. LOCAIS A EQUIPAR COM SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA POR ÁGUA</b>	15
<b>3.6. REQUISITOS DOS SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA POR ÁGUA</b>	16
<b>3.7. CONFIGURAÇÃO DOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS POR ÁGUA</b>	17
3.7.1. INSTALAÇÕES STANDARD	18
3.7.1.1. Instalações húmidas	18
3.7.1.2. Instalações secas	18
3.7.1.3. Instalações alternadas – húmidas/ secas	19
3.7.1.4. Instalações de pré-ação	19
3.7.2. INSTALAÇÕES DILÚVIO	20
<b>3.8. SISTEMA DE NEBLINA (FINE WATER MIST)</b>	21
<b>3.9. SISTEMAS DE CORTINA DE ÁGUA</b>	23
<b>3.10. COMPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE SPRINKLERS</b>	24
3.10.1. SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECÇÃO DE INCÊNDIOS (SADI)	24
3.10.1.1. Características gerais	24
3.10.1.2. Central de sinalização e comando	25
3.10.1.3. Sistema de alarme	26
3.10.1.4. Cablagem de interligação	26
3.10.2. ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA SERVIÇO DE INCÊNDIO	26
3.10.2.1. Características gerais	26
3.10.2.2. Configurações de abastecimento	27
3.10.2.3. Sistemas de bombagem	27
3.10.2.4. Critérios gerais de dimensionamento	29
3.10.3. VÁLVULAS	30
3.10.3.1. Válvula de gaveta	30
3.10.3.2. Válvula de globo	31
3.10.3.3. Válvula de borboleta	32
3.10.3.4. Válvula de retenção	32
3.10.4. TUBAGENS	33

3.10.5. SPRINKLERS .....	34
<b>3.11. DISTRIBUIÇÃO DOS RAMAIS DE UM SISTEMA DE SPRINKLERS .....</b>	<b>34</b>
<b>3.12. EXPLORAÇÃO DE SISTEMAS E EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>37</b>
3.12.1. RECEÇÃO DA INSTALAÇÃO .....	37
3.12.2. DOCUMENTAÇÃO .....	37
3.12.3. RESPONSABILIDADE .....	38
3.12.4. APROVAÇÃO POR SISTEMAS .....	38
<b>3.13. MANUTENÇÃO DE SISTEMAS E EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>38</b>
3.13.1. ROTINA DE MANUTENÇÃO .....	38
3.13.1.1. Verificação diária .....	38
3.13.1.2. Verificação semanal .....	39
3.13.1.3. Verificação trimestral .....	39
3.13.1.4. Verificação anual .....	39
3.13.1.5. Assistência técnica especial .....	40
3.13.1.6. Reparação e modificação .....	40
3.13.1.7. Peças sobresselentes .....	41

## **4. MEIOS AUTOMÁTICOS DE COMBATE A INCÊNDIO (SPRINKLERS) .....**

<b>4.1. COMPOSIÇÃO DO SPRINKLER .....</b>	<b>43</b>
4.1.1. ASPETOS GERAIS .....	43
4.1.2. COMPONENTES .....	44
4.1.2.1. Defletor .....	44
4.1.2.2. Corpo do pulverizador com sistema de fixação (canhão roscado) .....	44
4.1.2.3. Dispositivos de deteção sensível à temperatura .....	44
4.1.2.4. Orifício calibrado de descarga de água .....	45
4.1.2.5. Obturador .....	46
<b>4.2. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO AO TIPO DE ACIONAMENTO .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO À DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA .....</b>	<b>46</b>
<b>4.4. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO À VELOCIDADE DE OPERAÇÃO .....</b>	<b>47</b>
4.4.1. ASPETOS GERAIS .....	47
4.4.2. TIPOS DE SPRINKLERS .....	47
<b>4.5. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO À INSTALAÇÃO .....</b>	<b>48</b>

<b>4.6. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO ÀS CONDIÇÕES ESPECIAIS DE USO .....</b>	<b>49</b>
<b>4.7. CARACTERÍSTICAS GERAIS .....</b>	<b>49</b>
4.7.1. CARACTERÍSTICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE TEMPERATURA DOS SPRINKLERS AUTOMÁTICOS.....	49
4.7.2. REVESTIMENTOS ESPECIAIS.....	50
4.7.3. ESPELHOS E PLACAS DE COBERTURA .....	50
4.7.4. PROTEÇÕES .....	50
4.7.5. STOCK/ ARMAZENAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE SPRINKLERS (SOBRESSELENTES).....	51
<b>4.8. APLICAÇÃO DOS TIPOS DE SPRINKLERS.....</b>	<b>51</b>
<b>4.9. REQUISITOS PARA ESPAÇAMENTO, LOCALIZAÇÃO E POSIÇÃO DOS SPRINKLERS.....</b>	<b>52</b>
4.9.1. REGRAS GERAIS DE ESPAÇAMENTO, LOCALIZAÇÃO E POSIÇÃO DOS SPRINKLERS.....	53
4.9.2. Posição e orientação do defletor .....	54
<b>4.10. SPRINKLERS VERTICAIS (ASCENDENTE E PENDENTE) DE COBERTURA PADRÃO .....</b>	<b>54</b>
4.10.1. POSIÇÃO DO DEFLETOR .....	56
4.10.2. ORIENTAÇÃO DO DEFLETOR .....	59
4.10.3. OBSTRUÇÕES À DESCARGA DOS SPRINKLERS .....	59
4.10.4. OBSTRUÇÕES VERTICAIS SUSPENSAS OU SOBRE O PISO.....	61
4.10.5. OBSTRUÇÕES QUE IMPEDEM QUE A DESCARGA DO SPRINKLER ATINJA O FOCO DE INCÊNDIO.....	62
<b>4.11. SPRINKLERS DE PAREDE DE COBERTURA PADRÃO.....</b>	<b>63</b>
4.11.1. POSIÇÃO DO DEFLETOR .....	64
4.11.2. ORIENTAÇÃO DO DEFLETOR .....	64
4.11.3. OBSTRUÇÕES À DESCARGA DOS SPRINKLERS .....	64
4.11.4. OBSTRUÇÕES VERTICAIS SUSPENSAS OU SOBRE O PISO.....	66
4.11.5. OBSTRUÇÕES QUE IMPEDEM QUE A DESCARGA DO SPRINKLER ATINJA O FOCO DE INCÊNDIO.....	67
<b>4.12. SPRINKLERS VERTICAIS (ASCENDENTE E PENDENTE) DE LARGA COBERTURA .....</b>	<b>67</b>
<b>4.13. SPRINKLERS DE PAREDE DE LARGA COBERTURA .....</b>	<b>68</b>
<b>4.14. SPRINKLERS DE GOTA GORDA .....</b>	<b>69</b>
<b>4.15. SPRINKLERS DE RESPOSTA E SUPRESSÃO RÁPIDA.....</b>	<b>70</b>
<b>4.16. SPRINKLERS “IN-RACK” .....</b>	<b>70</b>
<b>4.17. CRITÉRIOS DE PROJETO .....</b>	<b>70</b>
4.17.1. AFASTAMENTOS MÁXIMOS E MÍNIMOS DO TETO .....	70
4.17.2. AFASTAMENTOS MÍNIMOS DE OBSTRUÇÕES.....	71

<b>5. DIMENSIONAMENTO</b>	73
<b>5.1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO</b>	73
5.1.1. ASPETOS GERAIS	73
5.1.2. REDES DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO POR SPRINKLERS	74
5.1.3. CISTERNA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PARA COMBATE A INCÊNDIO	74
<b>5.2. DIMENSIONAMENTO DE REDE RAMIFICADA</b>	75
5.2.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO	75
5.2.2. ASPETOS GERAIS DE DIMENSIONAMENTO	75
5.2.3. DIMENSIONAMENTO DA BOMBA	80
5.2.4. VOLUME DO RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO	80
<b>5.3. DIMENSIONAMENTO DE REDE EMALHADA</b>	81
5.3.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO (MÉTODO HARDY-CROSS)	81
5.3.2. ASPETOS GERAIS DE DIMENSIONAMENTO	83
5.3.3. COMPARAÇÃO DA FÓRMULA DE HAZEN - WILLIAMS VERSUS COLEBROOK - WHITE	86
5.3.4. DIMENSIONAMENTO DA BOMBA	88
5.3.5. VOLUME DO RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO	88
<b>5.4. ESTUDO ECONÓMICO</b>	88
<b>6. CONCLUSÕES</b>	91
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	93

## ANEXOS





## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig.2.1. – Incêndio em fase de propagação [5].....	4
Fig.2.2. – Fases de desenvolvimento de um incêndio [4].....	4
Fig.2.3. – Medidas físicas de segurança passiva (porta corta-fogo) e ativa (extintor, meio de 1ª intervenção) [4].....	7
Fig.3.1. – Esquema de um sistema de sprinklers [4] .....	16
Fig.3.2. – Instalação de sprinklers húmida (wet pipe system) [4] .....	18
Fig.3.3. – Instalação de sprinklers seca (dry pipe system) [4] .....	19
Fig.3.4. – Instalação de sprinklers de pré-ação (preaction) [4].....	20
Fig.3.5. – Instalação de sprinklers de dilúvio (deluge) [13].....	21
Fig.3.6. – Descarga de um pulverizador de sistema de neblina (fine water mist) [4] .....	22
Fig.3.7. – Exemplo de aplicação cortina de água sobre uma janela de vidro [14] .....	23
Fig.3.8. – Diagrama de um Sistema Automático de Detecção de Incêndio [15] .....	25
Fig.3.9. – Sistema de 2 bombas para serviço de sistema de incêndio [18].....	28
Fig.3.10. – Pormenor do interior de uma válvula de gaveta [19] .....	31
Fig.3.11. – Pormenor do interior de uma válvula de globo [19] .....	31
Fig.3.12. – Pormenor do interior de uma válvula de borboleta [19].....	32
Fig.3.13. – Pormenor do interior de uma válvula de retenção [19].....	32
Fig.3.14. – Alimentação central com disposição lateral dos sub-ramais [10] .....	34
Fig.3.15. – Alimentação lateral com disposição lateral dos sub-ramais [10] .....	34
Fig.3.16. – Alimentação central com disposição central dos sub-ramais [10] .....	35
Fig.3.17. – Alimentação lateral com disposição central dos sub-ramais [10] .....	35
Fig.3.18. – Alimentação de uma rede emalhada .....	36
Fig.3.19. – Alimentação de uma rede em anel .....	36
Fig.4.1. – Componentes do sprinkler [23] .....	43
Fig.4.2. – Fases de acionamento de sprinkler (sistema ampola de vidro) [23] .....	44
Fig.4.3. – Sprinkler com dispositivo de deteção [4].....	45
Fig.4.4. – Tipos de montagem de cabeças de sprinklers (ascendente, pendente, parede) [4].....	48
Fig.4.5. – Sprinkler oculto e embutido.....	49
Fig.4.6. – Espelho [27] .....	50
Fig.4.7. – Placas de cobertura [27] .....	50
Fig.4.8. – Proteção de sprinkler contra riscos mecânicos [28].....	51
Fig.4.9. – Stock de sprinklers [29] .....	51

Fig.4.10. – Cálculo de área de operação de sprinkler com espaçamento normal (esquerda) e com espaçamento intercalado (direita) [30] .....	53
Fig.4.11. – Modelo de distribuição de água de um sprinkler automático do tipo padrão [31].....	54
Fig.4.12. – Distância máxima às paredes [9] .....	56
Fig.4.13. – Mudanças verticais em cotas do teto [9] .....	57
Fig.4.14. – Sprinklers sob telhados inclinados com o sprinkler diretamente sob a cumeeira; sub-ramais acompanham a inclinação do telhado [9] .....	58
Fig.4.15. – Sprinkler sob telhados inclinados; sub-ramais acompanham a inclinação do telhado [9] ..	58
Fig.4.16. – Distância livre horizontal para sprinklers na cumeeira de telhados inclinados [9] .....	59
Fig.4.17. – Posicionamento de sprinklers para evitar obstrução à descarga [9].....	60
Fig.4.18. – Distância mínima a uma obstrução [9] .....	61
Fig.4.19. – Obstruções suspensas ou sobre o piso [9] .....	62
Fig.4.20. – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções [9].....	65
Fig.4.21. – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções ao longo da parede [9] .....	66
Fig.4.22. – Distância mínima a uma obstrução [9] .....	66
Fig.4.23. – Obstruções suspensas ou sobre o piso [9] .....	67
Fig.5.1. – Implantação do edifício a estudar [33] .....	73
Fig.5.2. – Setor 17 a dimensionar [33] .....	76
Fig.5.3. – Corte transversal do armazém de logística [33].....	76
Fig.5.4. – Cotação altura do armazém [33].....	76
Fig.5.5. – Zoom do setor 17.....	77
Fig.5.6. – Zoom da área de pormenor 1 (área de operação) .....	78
Fig.5.7. – Zoom da área de pormenor 2 (coluna e barrilete).....	78
Fig.5.8. – Pormenor do esquema do barrilete [33].....	79
Fig.5.9. – Percurso desde o barrilete até à bomba [33] .....	79
Fig.5.10. – Redes ramificadas dimensionadas para os setores 2 a 17 [33] .....	79
Fig.5.11. – Setor a dimensionar [33] .....	83
Fig.5.12. – Zoom da área de pormenor 1 (área de operação) .....	84
Fig.5.13. – Zoom da área de pormenor 2 (coluna e barrilete).....	84
Fig.5.14. – Esquema de dados de entrada na folha de cálculo de redes emalhadas .....	85
Fig.5.15. – Resultados do acerto das malhas (fórmula de Hazen – Williams).....	86
Fig.5.16. – Resultados do acerto das malhas (fórmula de Colebrook – White).....	86

## ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 2.1 – Parâmetros de classificação, dos quais dependem a categoria de risco, em função da UT [4].....	8
Quadro 3.1 – Adequação do agente extintor em cada classe de fogos [12] .....	14
Quadro 3.2 – Características de operação dos sprinklers em função da classe de risco [6] .....	17
Quadro 3.3 – Requisitos de pressão no posto de comando [10].....	29
Quadro 3.4 – Autonomias mínimas de abastecimento de água, valores segundo NFPA 13 [9].....	30
Quadro 3.5 – Coeficiente de atrito de Hazen – Williams (C) [9] .....	33
Quadro 4.1 – Diâmetros nominais dos orifícios de descarga [25] .....	45
Quadro 4.2 – Limites de temperatura, classificação e código de cores de sprinklers automáticos, NFPA 13 [9].....	49
Quadro 4.3 – Áreas de operação e espaçamento máximo para risco ligeiro [9] .....	55
Quadro 4.4 – Áreas de operação e espaçamento máximo para risco ordinário [9] .....	55
Quadro 4.5 – Áreas de operação e espaçamento máximo para risco grave [9] .....	55
Quadro 4.6 – Posicionamento de sprinklers a evitar obstruções de descarga [9].....	60
Quadro 4.7 – Obstruções suspensas ou sobre o piso [9].....	62
Quadro 4.8 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].....	63
Quadro 4.9 – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções [9] .....	64
Quadro 4.10 – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções ao longo da parede [9] .....	65
Quadro 4.11 – Obstruções suspensas ou sobre o piso [9].....	67
Quadro 4.12 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].....	68
Quadro 4.13 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].....	69
Quadro 4.14 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].....	69
Quadro 4.15 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].....	70
Quadro 5.1 – Resultados da fórmula de Hazen – Williams versus Colebrook – White, Malha I .....	87
Quadro 5.2 – Resultados da fórmula de Hazen – Williams versus Colebrook – White, Malha II .....	87
Quadro 5.3 – Resultados da fórmula de Hazen – Williams versus Colebrook – White, Malha III .....	87
Quadro 5.4 – Mapa de custos de tubagens - rede ramificada, setor 17 .....	89
Quadro 5.5 – Mapa de custos de tubagens - rede emalhada, setor 17 .....	89
Quadro 5.6 – Quadro resumo económico .....	89



## SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

C – Coeficiente de atrito de Hazen - Williams

D – Diâmetro

g – Aceleração da gravidade [ $\text{m.s}^{-2}$ ]

H – Altura manométrica [m.c.a.]

J – Perda de carga unitária [m/m]

K – Fator do sprinkler

k – Rugosidade absoluta [m]

P – Potência [kW]

Q – Caudal [L/min]

V – Velocidade [ $\text{m.s}^{-1}$ ]

$\gamma$  - Peso volúmico [ $\text{kN.m}^{-3}$ ]

$\eta$  – Rendimento da bomba [%]

$\lambda$  – Fator de resistência

$\tau$  – “Fator tau”

ANPC      Autoridade Nacional de Proteção Civil

APTA      Associação de Produtores de Tubos e Acessórios

CAL      Caloria

CEA      *Comité European des Assurances*

CMSA      *Control Mode Specific Application*

CPVC      Policloreto de Vinilo Clorado

CSOPT      Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes

EI      Parâmetros de classificação da classe de resistência ao fogo (E - Estanquidade a chamas e gases de quentes; I – Isolamento térmico)

ELO      *Extra Large Orifice*

EN      Norma Europeia

ESFR      *Early Suppression Fast Response*

IPQ      Instituto Português da Qualidade

ISO      *Internacional Standard Organization*

LNEC      Laboratório Nacional de Engenharia Civil

NFPA      *National Fire Protection Association*

NP      Norma Portuguesa

RAL	<i>Rationelle Arbeitsgrundlagen für die des Lack</i>
RG	Risco grave
RG <sub>pi</sub>	Risco grave na produção
RG <sub>Ai</sub>	Risco grave no armazenamento
RIA	Rede de incêndios armada
RJSCIE	Regulamento Jurídico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios
RL	Risco ligeiro
RO	Risco ordinário
RS	Responsável de segurança
RT-SCIE	Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifícios
SADI	Sistema automático de detecção de incêndios
SCIE	Segurança Contra Incêndio em Edifícios
SI	Serviço de incêndios
UT	Utilização-tipo

## 1

**INTRODUÇÃO****1.1. MOTIVAÇÃO**

A proteção da vida e dos bens é uma preocupação crescente que tem, em geral, cada vez mais peso e atenção por parte da sociedade no seu quotidiano. Na atual conjuntura social e económica, a salvaguarda de vidas humanas, a escassez e o valor inerente de certas matérias-primas, são algumas das razões e motivações que levam projetistas de segurança e demais agentes das áreas da engenharia, a realizar diligências e esforços com vista a otimização de custos, cumprindo exigências concetuais de sistemas de combate a incêndios em “sintonia” com a arquitetura atual dos nossos edifícios [1].

Um sistema automático de extinção de incêndio por água, face ao risco de incêndio, tem objetivo de manter uma vigilância permanente do espaço a proteger, que em caso de ativação do sistema de extinção automático de incêndio, pulveriza de imediato o agente extintor.

A água é o agente extintor mais utilizado na extinção de incêndios. Requisitos como o facto de ser abundante e de baixo custo, assim como pela sua capacidade de absorção de calor, facilidade de armazenamento e transporte, conferem-lhe assim reconhecida eficácia no combate a incêndios [2].

A legislação afeta à temática de sistemas automáticos de combate a incêndios, deve servir o propósito de atender às necessidades da sociedade, de grupos e ou singulares interessados que pretendem usufruir de um sistema de extinção automático, integrando também todos os envolvidos na sua conceção, num objetivo comum de contínua melhoria da segurança, nas diferentes naturezas das suas atividades, complexidades de riscos associados e relacionados, assim como no seu desempenho.

A sua aplicação tem, entre outras, como vantagens proporcionar: locais de residência, lazer e trabalho mais seguros; redução de custos com processos de litígio com seguradoras e agravamento de seguros; custos globais da solução geralmente são inferiores ao custo relacionado com acidentes (incêndios) desta natureza; beneficia não só apenas a segurança do local, como também o desempenho e imagem (empresa) aos olhos de quem faz usufruto do local [3].

Por sua vez, o seu incumprimento ou desajuste à realidade pode resultar em consequências trágicas e irreversíveis que por vezes trazem para a sociedade. São exemplos, a afetação social (trauma psicológica do acidente) como económica local, a recuperação dos bens (quando possível), como o tempo de espera de reabertura ou não da entidade (e/ ou empresa) após um incêndio, a possível perda de postos de trabalho e algumas vezes as vítimas mortais daí resultantes.

Fica assim também claro, o objetivo de um correto dimensionamento de sistemas de segurança contra incêndio (sprinklers) com influência decisiva a diversos níveis desde a conceção dos espaços interiores, até implicações de natureza logística, sociais e económicas.

## 1.2. ÂMBITO E OBJETIVOS

### 1.2.1. ÂMBITO

Este documento tem como objetivo principal, o dimensionamento de redes de sprinklers. Dado o vasto leque de matérias que envolve esta temática, algumas já retratadas em documentos anteriores a este, não é necessário abordar todas as matérias, como tal, serão focados apenas os pontos relevantes e que se consideram fundamentais para o estudo do tema deste documento “Dimensionamento de Redes de Sprinklers”.

Não será um documento que responda a todas as dúvidas e que esgote o tema por completo, mas uma ferramenta auxiliar importante de abordagem ao tema.

### 1.2.2. OBJETIVOS

Os objetivos traçados para este documento são:

Analisar diferentes tipos de sistemas de extinção de incêndio utilizando sprinklers, desde o enquadramento da legislação vigente aplicável, até aos seus princípios de dimensionamento, a aplicação e dimensionamento de um projeto real, utilizando dois métodos de dimensionamento de cálculo de redes de sprinklers ramificada (cálculo hidráulico) e emalhada (segundo o método de Hardy-Cross) e a análise comparativa técnico-económica dos dois métodos de configuração citados são os principais aspetos abordados.

Desenvolver uma folha de cálculo em Excel para auxiliar o dimensionamento de uma rede emalhada.

### 1.2.3. ESTRUTURA DO TRABALHO

A dissertação está organizada em 6 capítulos, percorrendo os diferentes objetivos já traçados no ponto anterior.

O capítulo 1 tem como objetivo servir como introdução ao tema da dissertação, e enquadrar os diferentes objetivos propostos para este trabalho.

No capítulo 2 é abordada a temática de Segurança Contra Incêndio, sendo dada atenção também aos requisitos da legislação vigente nacional e internacional referente à classificação dos riscos dos espaços a proteger. Seguidamente o capítulo 3 é dedicado ao estudo em particular dos sistemas automáticos de extinção por água (sprinklers). É feita uma análise às diferentes configurações dos sistemas automáticos de extinção de incêndios por água, assim como o estudo da composição de um sistema de sprinklers.

Com base na norma americana NFPA 13, o capítulo 4, é focalizado na análise da instalação e posicionamento dos meios automáticos de combate a incêndios, mais concretamente, os sprinklers.

Já o capítulo 5 corresponde ao dimensionamento de uma rede de sprinklers (ramificada e emalhada) e a uma análise comparativa técnico-económica aplicada a um projeto real. Tendo em conta algumas das especificidades de projeto (impostas pelo Dono de Obra), os dimensionamentos tiveram por base a norma americana NFPA 13.

No capítulo 6, o documento termina fazendo menção a possíveis temas de desenvolvimento futuros, com vista a dar continuidade ao trabalho aqui retratado, assim como as demais conclusões a reter da dissertação elaborada.



# 2

## SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

### 2.1. DESENVOLVIMENTO E PROPAGAÇÃO DE UM INCÊNDIO

#### 2.1.1. FASES DE DESENVOLVIMENTO DE UM INCÊNDIO

As fases de desenvolvimento de um incêndio habitualmente referidas, sem intervenção com vista à sua extinção, são as seguintes [4]:

- Ignição;
- Produção de chama;
- Propagação/ asfixia (consumo de oxigénio);
- Combustão generalizada (possível);
- Explosão de fumo (possível);
- Combustão contínua;
- Declínio.

A primeira fase, o período de ignição, dá-se devido à presença de 4 elementos, o combustível, o comburente, energia de ativação e a reação em cadeia. Estão assim presentes as condições necessárias para o aparecimento natural de chamas, caso estas condições se mantenham. É a fase de produção de chama.

Se o local do incêndio é propenso à renovação de ar, e possibilidade de libertação de fumos e gases para o exterior, o incêndio fica comandado pelo combustível existente no local. A libertação de calor das chamas assim como de fumos e gases quentes é favorável à ignição de mais combustível, entrando assim na fase de propagação do incêndio (figura 2.1.).

Se por sua vez, o incêndio se desenvolver em compartimento suficientemente estanque, que dificulte a entrada de ar novo e o escape dos gases de combustão, a sua propagação será dificultada.

O incêndio encontra-se assim restrito a um ambiente menos favorável relativo à sua condição inicial, contrastando com o aumento de temperaturas afetas aos elementos construtivos que definem esse espaço. Nestas condições, e mediante a queima parcial ou completa do combustível presente no compartimento, em combinação com a ausência de oxigénio (queima e substituição por gases tóxicos), dar-se-á lugar à entrada na fase de asfixia do incêndio, que o poderá levar à sua extinção ao fim de muito (ou pouco) tempo.

É corrente nestes acidentes, a ocorrência de um aumento brusco do teor de oxigénio (janela estilhaçada e parte; porta resistente cede, etc.), e a consequente visualização a partir do exterior de um aumento (“explosão”) de fumo considerável. O processo de combustão ressurgue com intensidade bastante elevada, originando assim este fenómeno de explosão de fumo. Como consequência, pode implicar o risco de perdas de vidas humanas (ainda presentes no edifício ou em processo de evacuação) pela presença dos gases e fumos de combustão impróprios para respirar, à má visualização dos corredores e do espaço, pondo em risco também quem o tenta combater (bombeiros).



Fig.2.1. – Incêndio em fase de propagação [5].

Não ocorrendo asfixia (consumo de oxigénio) local, a fase seguinte é a de combustão generalizada, que envolve o suprir da totalidade do combustível existente no local. O incêndio ao atingir um regime estacionário entra na fase de combustão contínua. A última etapa de desenvolvimento do incêndio (figura 2.2.), denominada de declínio, ocorre após o consumo total do combustível do espaço, com a consequente diminuição da intensidade do incêndio (diminuição da temperatura e da produção de chamas, fumo e gases de combustão).

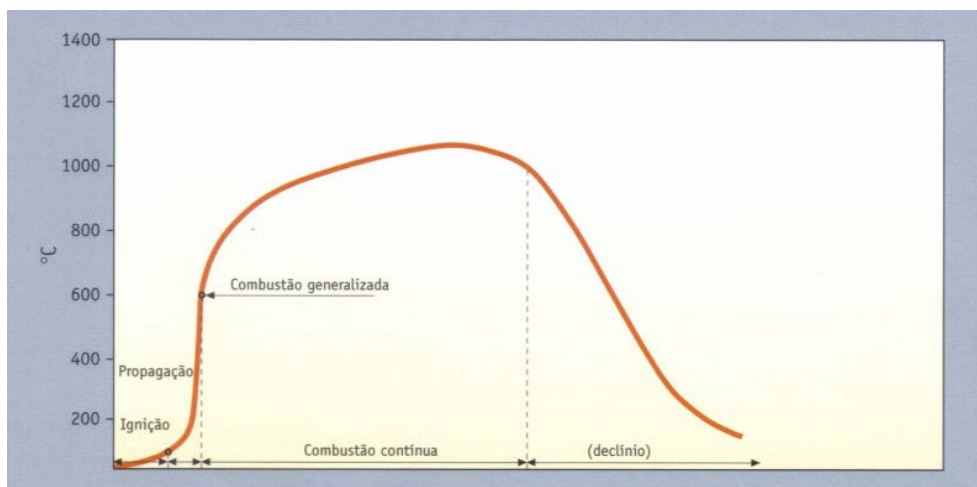


Fig.2.2. – Fases de desenvolvimento de um incêndio [4].

### 2.1.2. A PROPAGAÇÃO DE UM INCÊNDIO NUM EDIFÍCIO

Dependendo de vários fatores já atrás referidos, a propagação de um incêndio num edifício é fortemente influenciada também pela arquitetura do mesmo. A localização, a disposição de elementos construtivos no espaço, coretes, fogões de sala, dispositivos intermitentes ou não de extração ou insuflação de ar nos compartimentos, bem como a classe de resistência dos mesmos podem mudar o sentido de propagação e extensão do mesmo.

A propagação de um incêndio é mais provável fazer-se no sentido ascendente, ditada pelo efeito da convecção (efeito de chaminé). É possível no entanto, caso estejam reunidas condições, a propagação do incêndio no sentido descendente.

Confinado a um compartimento, o incêndio, origina um aumento de pressão no mesmo devido à produção de gases e fumos, que têm a tendência a procurar um espaço menos pressurizado, que implica a sua saída do compartimento. Caso o compartimento seja estanque e não seja possível dar lugar à libertação dos mesmos para espaço exterior, ou compartimento adjacente, dar-se-ão 2 cenários plausíveis: com a passagem do tempo o incêndio passa a uma fase de asfixia e consequente declínio, ou então é vencida a resistência ao fogo (quebra de vidros das janelas, portas cedem, etc.) pelos elementos de compartimentação dando-se o início da propagação do incêndio ao exterior desse compartimento antes confinado.

No caso de um edifício de 2 ou mais andares, a cedência e destruição de vidros das janelas e elementos protetores de vãos exteriores para determinadas disposições, podem implicar o alastrar do incêndio a pisos superiores, e/ou por radiação ou transporte de materiais incandescentes a edifícios ou fogos vizinhos.

Já no interior as consequências do alastramento do incêndio para compartimentos adjacentes, cria condições para a sua autossustentação mediante os elementos de compartimentação existentes, assim como pelos materiais de construção e revestimento (níveis de carga de incêndio).

## 2.2. SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

### 2.2.1. ASPETOS GERAIS

É responsabilidade do Estado, em matéria de segurança contra incêndios, a salvaguarda da vida e da integridade física das pessoas, a proteção do ambiente e do património histórico e cultural, bem como a proteção dos meios essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes [4].

Como tal, devem ser reguladas pelo Estado e tidas como garantias de objetivos mínimos as seguintes medidas de segurança contra incêndio num edifício ou estabelecimento industrial (UT XII) [4]:

- Reduzir os riscos de eclosão de incêndios;
- Limitar a propagação do fogo, fumo e gases de combustão;
- Promover a evacuação rápida e segura de todos os ocupantes;
- Facilitar a intervenção dos bombeiros, em segurança.

A proteção do património é considerada como segunda prioridade face aos riscos de incêndio, sendo em geral atribuída essa responsabilidade aos proprietários, usufrutuários ou de quem é responsável pela administração desses mesmos bens. Esta responsabilidade de proteção do património pode ser assumida em parte ou mesmo totalmente, por uma seguradora, mediante a existência de um contrato de seguro estabelecido entre ambas as partes envolvidas.

### 2.2.2. UTILIZAÇÕES-TIPO DE EDIFÍCIOS E RECINTOS

Para assegurar o cumprimento das medidas de segurança contra incêndio enunciadas no ponto anterior, é necessário a adoção de medidas técnicas de prevenção e segurança contra riscos de incêndio. Para definição e atribuição das mesmas, há parâmetros que condicionam a sua aplicação, que requerem um estudo preliminar, entre eles: o porte do edifício, o tipo de ocupação (física e humana), a natureza e o tipo de atividade.

De modo a sistematizar e organizar as medidas de segurança contra riscos de incêndio, é prática corrente individualizar os edifícios em função da sua ocupação, repartindo-os assim pelas seguintes classes que fazem parte integrante das utilizações-tipo (UT), constantes do Decreto-Lei n.º 220/2008, de 12 de Novembro [4]:

- Edifícios de habitação (UT I);
- Parques de estacionamento (UT II);
- Estabelecimentos que recebem público:
  - De tipo administrativo (UT III);
  - Escolares (UT IV);
  - Do tipo hospitalar, lares de 3ª idade, centros de dia, etc. (UT V);
  - Recintos de espetáculos e de reunião pública, assim como locais de culto religioso (UT VI);
  - Hoteleiros e restauração (UT – VII);
  - Comerciais, gares e terminais de transportes (UT VIII);
  - Recintos desportivos e de lazer (UT IX);
  - Museus e galerias de arte (UT X);
  - Bibliotecas e arquivos (UT XI);
- Estabelecimentos industriais (UT XII).

Deste modo, fica facilitado, o enquadramento para cada tipo de ocupação, a atribuição do risco e as respetivas medidas consequentes de segurança a implementar. Estas medidas podem subdividir-se em dois grupos:

- Ativas – destinam-se a funcionar apenas em caso de incêndio, como o caso de sistemas e equipamentos de deteção e combate a incêndios;
- Passivas – que são intrínsecas ao local, como por exemplo, o caso das disposições construtivas dos edifícios;

Podem diferir a sua natureza mediante a situação, podendo ser de ordem (figura 2.3.) [4]:

- Física – os materiais e os elementos físicos da construção, meios de extinção, etc.;
- Humana – organização da segurança, plano de emergência, procedimentos de manutenção, etc..



Fig.2.3. – Medidas físicas de segurança passiva (porta corta-fogo) e ativa (extintor, meio de 1ª intervenção) [4].

### 2.2.3. LOCAIS DE RISCO

São todos os espaços dos edifícios e recintos, com a exceção dos locais de passagem e instalações sanitárias, e possuem uma classificação de risco de entre seis possíveis, designadas por «Locais de Risco» de A a F [6].

Esta classificação é correspondente a cada local, independentemente de qualquer outro aspeto, como por exemplo, a utilização-tipo onde se encontra, ou a localização no edifício.

A caracterização de cada local de risco é a seguinte [4]:

- Local de Risco A – não apresenta riscos especiais, no qual se verificam simultaneamente as seguintes condições: o efetivo total não excede 100 pessoas; o efetivo de público de público não excede 50 pessoas; mais de 90% dos ocupantes não se encontrem limitados na mobilidade ou nas capacidades de perceção e reação a um alarme; as atividades nele exercidas ou os produtos, materiais e equipamentos que contém não envolvem riscos agravados de incêndio; não possui meios e sistemas essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes.
- Local de Risco B – é um local acessível a público ou ao pessoal afeto ao edifício ou recinto, com um efetivo total superior a 100 pessoas ou um efetivo de público superior a 50 pessoas, no qual se verificam simultaneamente as seguintes condições: mais de 90% dos ocupantes não se encontrem limitados na mobilidade ou nas capacidades de perceção e reação a um alarme; as atividades nele exercidas ou os produtos, materiais e equipamentos que contém não envolvam riscos agravados de incêndio; não possua meios e sistemas essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes;
- Local de Risco C – é um local que apresenta riscos agravados de eclosão e de desenvolvimento de incêndio devido, quer às atividades nele exercidas, quer às características dos produtos, materiais ou equipamentos nele existentes, designadamente à carga de incêndio;
- Local de Risco D – é um local de um estabelecimento com permanência de pessoas acamadas ou destinado a receber crianças com idades não superior a 6 anos ou pessoas limitadas na mobilidade ou nas capacidades de perceção e reação a um alarme;
- Local de Risco E – é um local de estabelecimento destinado a dormida, em que as pessoas não apresentam as limitações indicadas nos locais de risco D;

- Local de Risco F – é um local que possui meios e sistemas essenciais à continuidade de atividades sociais relevantes, nomeadamente os centros nevrálgicos de comunicação, comando e controlo.

#### 2.2.4. CATEGORIAS DE RISCO

Cada utilização-tipo é classificada, no que se refere ao risco de incêndio, numa de 4 categorias de risco: 1.<sup>a</sup> de menor risco, a 4.<sup>a</sup> de maior risco, nos termos do regime jurídico de SCIE (RJSCIE) [7].

A cada categoria de risco de uma dada utilização-tipo (UT) corresponderão:

- Diferentes exigências de segurança;
- Distintos agentes encarregados das ações de fiscalização.

Nos estabelecimentos que recebem público, o número, o tipo e as condições (capacidade) dos respetivos ocupantes serão determinantes para a atribuição da respetiva categoria.

Os parâmetros de classificação, dos quais dependem as categorias de risco, variam consoante a UT, de acordo com o Quadro 2.1.

Podem-se inferir as seguintes considerações: a altura de uma UT influencia a sua categoria de risco, com exceção da UT XII (Industriais, Armazéns e Oficinas); o efetivo influencia a categoria de risco de todas as UT a que podem corresponder estabelecimentos que recebem público.

Existem quadros para definição das categorias de risco das UT (I até XII), em função daqueles parâmetros de classificação [7]. A categoria de risco de uma dada UT é a menor das categorias que satisfaz integralmente os critérios indicados nos quadros acima referidos. Caso não seja cumprido integralmente nenhum dos critérios correspondentes às categorias de risco indicadas nos quadros, será atribuída a 4.<sup>a</sup> categoria de risco.

Quadro 2.1 – Parâmetros de classificação, dos quais dependem as categorias de risco, em função da UT [4].

Utilização-tipo (UT)	I Hab	II Est	III Adm	IV Escol	V Hosp	VI Espe	VII Hotel	VIII Com	IX Desp	X Mus	XI Bibl	XII Indu
Altura	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Área bruta	-	Sim	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Saída direta ao exterior – locais D, E	-	-	-	Sim	Sim	-	Sim	-	-	-	-	-
Coberto/ ar livre	-	Sim	-	-	-	Sim	-	-	Sim	-	-	Sim
Efetivo total	-	-	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	-
Efetivo locais D, E	-	-	-	Sim	Sim	-	Sim	-	-	-	-	-
N.º pisos abaixo do plano de referência	Sim	Sim	-	-	-	Sim	-	Sim	Sim	-	Sim	Sim
Carga de incêndio modificada	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Sim	Sim

### 2.2.5. ENTIDADES COM RESPONSABILIDADE NA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO

Como já foi referido, compete ao Estado a regulamentação normativa e fiscalizadora das condições de segurança. Estas responsabilidades encontram-se “ligadas” por diferentes organismos e entidades que o compõem e que importa destacar [4]:

- Corpos de bombeiros;
- Autoridade Nacional de Proteção Civil (ANPC);
- Conselho Superior de Obras Públicas e Transportes (CSOPT);
- Entidades licenciadoras (Direção Geral de Energia e Geologia, Inspeção-geral das Atividades Culturais, etc.);
- Instituto Português da Qualidade (IPQ);
- Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC);
- Entidades Seguradoras;
- E outras entidades, envolvidas na investigação e formação na área da segurança (são exemplos: Escola Nacional de Bombeiros, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Instituto Superior Técnico, etc.).

## 2.3. MEIOS DE INTERVENÇÃO NOS EDIFÍCIOS

### 2.3.1. EXTINÇÃO DE INCÊNDIO NUM EDIFÍCIO

São 2 os critérios de classificação dos diversos meios de extinção de incêndios existentes num edifício [4]:

- Tipo de operação – manual ou automática;
- Tipo de utilizador a que se destina.

Há também a destacar de entre os diferentes meios de extinção os seguintes meios:

- Extintores (portáteis e móveis);
- Mantas de incêndio ou também conhecidas por mantas ignífugas;
- Instalações hidráulicas para serviço de incêndio, que podem incluir:
  - Hidrantes exteriores;
  - Redes secas e húmidas;
  - Redes de incêndio armadas (RIA);
  - Sistemas automáticos de extinção a água (sprinklers ou neblina – fine water mist);
- Sistemas automáticos que recorrem a agentes extintores diferentes da água;
- Baldes de areia.

## 2.3.2. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS

### 2.3.2.1. Norma Europeia

A escolha dos sprinklers, o tipo de instalação, assim como as necessidades de abastecimento de água dependem do risco dos espaços a proteger e da eficácia dos meios de intervenção de incêndio.

As redes são classificadas em três classes de risco:

- Risco ligeiro;
- Risco ordinário;
- Risco grave.

Existe uma diferenciação na abordagem da classificação do risco do espaço a defender, nas normas EN 12845 [8] e a NFPA 13 [9], que se passa a clarificar.

A norma EN 12845 [8] aborda as classes de risco agrupando os edifícios ou áreas a proteger contendo produtos e risco de incêndio com a seguinte graduação [10]:

- Risco ligeiro (RL): ocupações não industriais com baixo risco de incêndio e combustibilidade, em que áreas superiores a 126 m<sup>2</sup> têm que possuir uma envolvente com resistência ao fogo superior a 30min. São locais de risco ligeiro, por exemplo: escolas e outros estabelecimentos de ensino, e edifícios administrativos (certos espaços) e prisões;
- Risco ordinário (RO): espaços (indústrias e armazéns) onde são processados ou fabricados materiais com risco médio de incêndio e média combustibilidade. Esta classe de risco subdivide-se em 4 grupos, que diferem em função da altura de armazenamento, espaços entre cargas, etc.:
  - RO<sub>1</sub> – são exemplos: fábricas de cimento e de produtos em chapa metálica; matadouros; indústrias de laticínios; hospitais; hotéis; bibliotecas (excluindo depósitos de livros); restaurantes; escolas; edifícios administrativos; salas de computadores (excluindo depósitos de bobines).
  - RO<sub>2</sub> – são exemplos: laboratórios fotográficos; indústrias de produtos fotográficos; stand de automóveis (garagens); fábricas de construção de máquinas; padarias; fábrica de doces; cervejarias; fábricas de chocolate; fábricas de confeções; laboratórios; lavandarias; parqueamentos; museus e fábricas de peles.
  - RO<sub>3</sub> – são exemplos: fábricas de: vidros; sabão; eletrónica; aparelhagem rádio; frigoríficos; máquinas de lavar; alimentação para animais (rações); vegetais desidratados; açúcar; papel; cabos; de plástico e artigos em plástico (excluindo as espumas); borracha; fibras sintéticas excluindo acrílicos; tapeçarias (excluindo borracha e espuma plástica); tecidos e roupas; calçado; malhas; linho; colchões (espuma plástica); costura; tecelagem; lãs e estambre; mobiliário em madeira. E ainda tinturarias; moagens; estúdios de emissão de rádio; gares de caminho-de-ferro; gabinetes de projeto; tipografias; carpintarias; salas de exposição de mobiliário em madeira; e oficinas de estofadores (excluindo a espuma plástica).
  - RO<sub>4</sub> – são exemplos: fábricas de: cera (para velas); fósforos; tabaco; cordame; preparação de linho e cânhamo; aparas de madeira; contraplacado. E ainda



oficinas de pintura; destilarias de álcool; cinemas e teatros; salas de concertos; reciclagem de papel; salões de exposição; selagem de algodão e serrações de madeira.

- Risco grave na produção (RG<sub>p</sub>): indústrias com elevados riscos de combustibilidade e possibilidade de desenvolvimento rápido do fogo. Esta classe de risco encontra-se também subdividida em 4 grupos:
  - RG<sub>p1</sub> – são exemplos: fábricas de: revestimento em tecido e linóleo; tintas e vernizes; resinas e aguarrás; derivados da borracha; prensados de madeira.
  - RG<sub>p2</sub> – são exemplos: fábricas de: isqueiros; espumas plásticas e de borracha e de produção de alcatrão.
  - RG<sub>p3</sub> – são exemplos: fábricas de nitrato celuloso.
  - RG<sub>p4</sub> – são exemplos: fábricas de fogo-de-artifício.
- Risco grave no armazenamento (RG<sub>a</sub>) para armazenamento de produtos em alturas superiores às admitidas para os RO. Esta classe de risco subdivide-se também em 4 grupos: RG<sub>A1</sub>; RG<sub>A2</sub>; RG<sub>A3</sub>; RG<sub>A4</sub>.

#### 2.3.2.2. Metodologia para determinar a categoria dos bens armazenados

O calor da combustão é determinado pelo material ou mistura de matérias nas mercadorias. A velocidade de combustão é determinada por ambos os materiais envolvidos e da configuração do material. O material deve ser analisado para determinar um fator material. Este fator por sua vez, se necessário, deve ser modificado de acordo com a configuração das mercadorias para determinar a categoria. Se nenhuma modificação é necessária, o fator material deve ser o único determinante da categoria.

Deve-se ter em conta, que o perigo de incêndio global de produtos armazenados (definido como um produto e a sua embalagem) é uma função da taxa de calor libertada (kW), que por sua vez é uma função do seu calor de combustão (kJ/ kg) e da sua velocidade de combustão (kg/seg) [8].

Existem tabelas para determinar o fator de material quando as mercadorias são constituídas por misturas de materiais.

Após a determinação do fator material, a configuração de armazenamento pode ser determinado numa tabela, para determinar a classificação mais adequada. Fixado o fator material (valores de 1 a 4), e conhecida a configuração do armazenamento, é possível determinar a categoria de risco de armazenamento correspondente.

#### 2.3.3.3. Norma Americana

A norma NFPA 13 já organiza as classes de risco da seguinte forma [9]:

- Risco ligeiro (Light Hazard Occupancies) quando a quantidade e ou a combustibilidade dos conteúdos é baixa e o risco de incêndio é fraco.
- Risco ordinário (Ordinary Hazard Occupancies) – classe dividida em 2 grupos:
  - Grupo 1: quando a quantidade de materiais é baixa, a combustibilidade é moderada, assim como o risco de incêndio;

- Grupo 2: quando a quantidade e a combustibilidade são moderadas mas o risco de incêndio é entre moderado e elevado;
- Risco grave (Extra Hazard Occupancies): classe dividida também em 2 grupos:
  - Grupo 1: a quantidade e combustibilidade dos conteúdos são muito altas e há um desenvolvimento rápido do incêndio, mas com a presença fraca ou nula de líquidos combustíveis ou inflamáveis;
  - Grupo 2: a quantidade e a combustibilidade dos conteúdos são muito altas e há um desenvolvimento rápido do incêndio, mas com a presença de líquidos combustíveis ou inflamáveis.
- Risco pesado (Special Hazard Occupancies): compreende as ocupações comerciais ou industriais, onde se armazenam líquidos inflamáveis ou combustíveis, produtos de alta combustibilidade, como: borracha, papel, espumas celulares ou materiais comuns com uma altura de armazenagem superior a 3,7 m.

As áreas máximas de pavimento a serem protegidas por uma coluna principal de alimentação (riser) definidas segundo a norma americana NFPA 13 [9] são:

- Risco ligeiro – 4831 m<sup>2</sup>;
- Risco ordinário – 4831 m<sup>2</sup>;
- Risco Grave:
  - Sistema calculado por tabela – 2323 m<sup>2</sup>;
  - Sistema calculado por cálculo hidráulico – 3716 m<sup>2</sup>;
- Risco de ocupações especiais – Ocupações com risco especial com armazenamentos em altura superiores a 3,7 m – 3716 m<sup>2</sup>.

## 3

**SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE EXTINÇÃO POR ÁGUA****3.1. MECANISMOS DE EXTINÇÃO COM ÁGUA**

Na maioria dos casos, o principal efeito de aplicação da água na extinção de um incêndio é o arrefecimento. Este efeito é tanto mais importante, quanto maior for a superfície exposta da água face ao seu volume, isto é, quanto mais finamente pulverizada estiver.

Porém a aplicação da água pulverizada só é eficaz quando o incêndio se desenvolve com uma intensidade suficientemente baixa que possibilite a incidência direta das partículas de água sobre a matéria a arder.

Este princípio é aplicado na tecnologia de sprinklers. Noutros casos, por exemplo, em que se exige maior alcance dada a impossibilidade de aproximação ao foco de um incêndio de alguma intensidade ou se pretenda uma maior penetração, a água deve ser aplicada sob a forma de jato.

Da vaporização da água resulta um efeito de arrefecimento:

- Por cada grama (20 °C) que se vaporize totalmente são retirados cerca de 620 Cal;
- Porém, outro efeito de aplicação da água na extinção de um incêndio é o de abafamento, que não cabe no desenvolvimento deste estudo.

**3.2. CLASSES DE FOGOS**

Os fogos são classificados, em função da natureza do material combustível envolvido, em cinco classes [11]:

- Classe A – Fogos de natureza sólida, em geral de natureza orgânica, em que a combustão se faz com formação de brasas (madeira, papel, carvão, têxteis, etc.);
- Classe B – Fogos de combustíveis líquidos (gasolina, álcool, óleos, acetona, etc.) ou de sólidos liquidificáveis (ceras, parafina, resinas, etc.), que ardem sem formação de brasas;
- Classe C – Fogos de gases combustíveis (butano, propano, gás natural, hidrogénio, acetileno, etc.);
- Classe D – Fogos de metais leves (sódio, potássio, alumínio, magnésio, lítio), certas ligas metálicas e titânio, etc.);
- Classe F – Fogos que envolvem produtos para confeção de alimentos (óleos e gorduras vegetais ou animais) em aparelhagem de cozinha.

### 3.3. ESCOLHA DO AGENTE EXTINTOR EM CADA CLASSE DE FOGOS

A norma portuguesa NP 1800 (2011) [12], veio sistematizar a escolha do tipo de agente extintor que melhor se adequa às diferentes classes de fogos, listados de acordo com o Quadro 3.1:

Quadro 3.1 – Adequação do agente extintor em cada classe de fogos [12].

Classe de fogos	Agente extintor	Aplicação	
		Extintor	Sistema
A	Água	Sim	Sim
	Espumas	Sim	Sim
	Pó químico seco – tipo ABC	Sim	Sim
	HFC's (hidrofluorocarbonetos)	Sim	Sim
	Gases Inertes	Não	Sim
B	Espumas	Sim	Sim
	Pó químico seco – Tipo BC e ABC	Sim	Sim
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Sim	Sim
	HFC's (hidrofluorocarbonetos)	Sim	Sim
	Água nebulizada	Não	Sim
	Água com aditivo	Sim	Não
	Gases inertes	Não	Sim
C	Pó químico seco – Tipo BC e ABC	Sim	Sim
	HFC's (hidrofluorocarbonetos)	Sim	Sim
	Gases inertes	Não	Sim
D	Pó químico seco apropriado a cada tipo de metal	Sim	Não
F	Agente químico húmido	Sim	Sim
	Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Não	Sim

### 3.4. SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIOS POR ÁGUA (SPRINKLERS)

A água é utilizada na extinção de incêndios essencialmente nas formas de:

- Estado líquido, sob a forma de jato;
- No estado líquido, sob a forma pulverizada (chuveiro);
- No estado líquido, sob a forma finamente pulverizada (nevoeiro);
- E ou no estado gasoso, sob a forma de vapor de água (menos frequente).

O jato é obtido através de agulhetas, ligadas a mangueiras que são alimentadas por tubagens que constituem a rede de combate a incêndios, sendo que a pulverização é conseguida através de agulhetas e aspersores.

A particularidade destes últimos é de serem geralmente de comando automático, e alimentados por tubagens que constituem a rede de combate a incêndios [2].

A água não é um agente extintor de aplicação universal, não sendo aconselhável em fogos em equipamentos elétricos e fogos de Classe D [10]. A sua aplicação tem como fim, permitir não só o arrefecimento da estrutura como baixar a intensidade do incêndio (fase inicial), sendo esta tanto mais eficaz quanto mais pulverizada for a água.

Justifica-se assim a eficácia dos sistemas automáticos de extinção de incêndio por água com utilização dos pulverizadores (sprinklers).

Os sistemas fixos de extinção automática têm como objetivo controlar ou suprimir um incêndio. É um sistema totalmente automático que aciona de imediato o alarme simultaneamente com a sua entrada em funcionamento. Têm uma rápida ação, dotados de difusores (sprinklers) fechados (com um elemento térmico), que após atuação do sensor de temperatura, descarregam a água sobre a área de operação de foco de incêndio [6].

A conceção e instalação destes sistemas devem obedecer ao estabelecido na regulamentação e normalização nacionais e europeias, nas especificações técnicas da ANPC e, na ausência destas, em normalização internacional, nomeadamente a norma americana da NFPA [2].

Este tipo de instalação em Portugal é frequente em espaços pouco vigiados, pelo facto de serem automáticos, assim como em espaços com elevado risco de incêndio (elevada carga de incêndio).

### **3.5. LOCAIS A EQUIPAR COM SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA POR ÁGUA**

O artigo n.º 173 da Portaria n.º 1532/ 2008 de 29 de Dezembro [6] define os locais a equipar com sistemas de extinção automática por água através de aspersores (sprinklers), que importa citar:

- Utilizações-tipo referidas no n.º 6 do artigo 18.º desta mesma portaria, com o objetivo de duplicar a área de compartimentação de fogo;
- Utilizações-tipo II da 2ª categoria de risco ou superior, com dois ou mais pisos abaixo do plano de referência;
- Nas utilizações-tipo III, VI, VII e VIII, da 3ª categoria de risco ou superior, em edifícios, com as exceções para a utilização-tipo VIII, constantes das disposições específicas do capítulo VI do título VIII da mesma portaria;
- Na utilização-tipo XII da 2ª categoria de risco ou superior;
- Locais adjacentes a pátios interiores cuja altura seja superior a 20m;
- Locais considerados de difícil acesso e elevada carga de incêndio.

Quando devidamente propostos e justificados pelos projetistas e aceites pela ANPC, estes sistemas de extinção automática por água podem também ser adotados como medida compensatória nos casos de:

- Postos de transformação existentes, cuja localização não seja permitida nos termos regulamentares e cujos transformadores ou dispositivos de corte utilizem como dielétrico líquidos inflamáveis;
- Aberturas em paredes ou pavimentos resistentes ao fogo, designadamente quando através delas possam passar meios de transporte móveis, como cintas ou telas;

- Locais de fabrico, armazenagem ou manipulação de produtos não reagentes com a água de forma perigosa;
- Depósitos de líquidos ou gases inflamáveis;
- Equipamentos industriais;
- Todos os locais existentes que não possam cumprir integralmente as medidas passivas de segurança na regulamentação nacional aplicável.

Um sistema de sprinklers é constituído por (figura 3.1.):

- Dispositivos de pulverização e projecção de água – sprinklers (ou pulverizadores);
- Dispositivos de deteção de incêndios, normalmente associados aos sprinklers;
- Posto de controlo com dispositivo de emissão de alarme;
- Conduatas da rede (canalizações);
- Válvulas de seccionamento, de teste e retenção;
- Manómetros e dispositivos de monitorização;
- Fonte de abastecimento e pressurização de água.

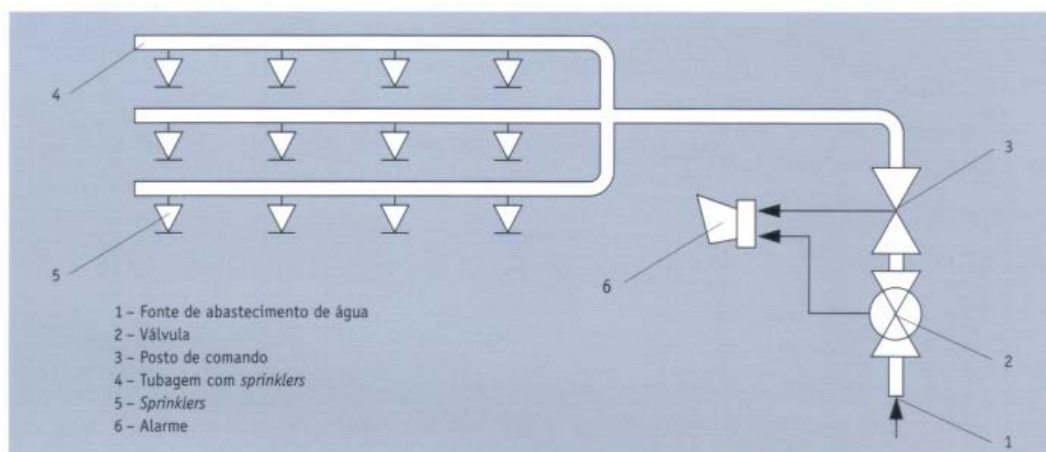


Fig.3.1. – Esquema de um sistema de sprinklers [4].

Do posto de comando, instalado a jusante da alimentação do sistema, parte uma conduta vertical – coluna principal – à qual se liga o ramal principal (tronco). Deste último, que constitui a coluna dorsal de toda a instalação, desenvolvem-se as tubagens secundárias – ramais. Assim, as tubagens secundárias alimentam as tubagens onde se instalam os sprinklers – os ramais simples (sub-ramais). No ponto mais afastado do posto de controlo (na extremidade de um sub-ramal simples) é instalado uma válvula de teste e drenagem de toda a instalação.

### 3.6. REQUISITOS DOS SISTEMAS FIXOS DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA POR ÁGUA

Em função dos riscos e das disposições construtivas dos espaços, podem ser aplicados sistemas fixos de extinção automática por água, do tipo normal húmido, seco ou misto, tipo pré-ação e tipo dilúvio.

Estes por sua vez podem ser de aplicação pontual, como também de cobertura parcial ou total da área a proteger.

As caixas de palco com área superior a 50 m<sup>2</sup> de espaços cénicos isoláveis utilizam um sistema do tipo dilúvio, o qual deve ser apenas acionável através de comando manual, com um mínimo de dois dispositivos de comando, um no posto de segurança e outro na caixa de palco junto de uma saída.

A regulamentação de segurança em vigor estabelece, para cada utilização-tipo, os critérios gerais de dimensionamento, sem prejuízo de outros valores mais gravosos estabelecidos pela EN 12845 [8].

Quadro 3.2 – Características de operação dos sprinklers em função da classe de risco [6].

Utilização-tipo	Densidade de descarga (L/min/m <sup>2</sup> )	Área de operação (m <sup>2</sup> )	N.º de aspersores em funcionamento simultâneo	Calibre dos aspersores (mm)	Tempo de descarga (min)
II	5	144	12	15	60
III, VI, VII, VIII	5	216	18	15	60
XII*	10	260	29	20	90

\*Incluindo sistemas de tipo dilúvio para a utilização-tipo VI, com um tempo de descarga de 30 min.

É aceite nos sistemas de sprinklers ESFR (Sprinkler de Resposta e Supressão Rápida) que a autonomia possa ser de 60 minutos, mesmo nas UT-XII.

Salvo justificação em contrário, deve-se utilizar aspersores calibrados, usualmente para 68°C.

Os sistemas fixos de extinção automática por água devem dispor de alimentação de água através de depósito privativo do serviço de incêndios e central de bombagem, com os requisitos vigentes em regulamento técnico [7], com exceção para a capacidade máxima do depósito que deve ser em função do caudal estimado para o sistema de acordo com o Quadro 3.2, adicionado ao previsto para o funcionamento da rede de incêndios armada.

Não é aplicável o disposto no parágrafo anterior à utilização-tipo II da 2.ª categoria, quando exclusiva ou quando complementar de outra utilização-tipo cuja categoria não exija, por si só, a construção de um depósito privativo do serviço de incêndios.

Os postos de comando do sistema devem estar situados em locais acessíveis aos meios de socorro dos bombeiros e devidamente sinalizados.

### 3.7. CONFIGURAÇÕES DOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE EXTINÇÃO DE INCÊNDIOS POR ÁGUA

Sendo a água um agente extintor com utilização mais generalizado do que qualquer outro, as instalações hidráulicas para extinção de incêndios constituem um meio importante no conjunto dos sistemas de proteção contra incêndios dos edifícios.

As instalações de sprinklers podem ser dos seguintes tipos:

- Instalações standard, que se subdividem em:
  - Húmidas (wet pipe system);
  - Secas (dry pipe system);

- Alternadas – húmidas/ secas;
- De pré-ação (preaction system);
- Instalações dilúvio (deluge).

### 3.7.1. INSTALAÇÕES STANDARD

#### 3.7.1.1 Instalações húmidas

As instalações húmidas (wet pipe system) são instalações standard em que o sistema possui, permanentemente, água sobre pressão no interior das condutas de toda a rede [4].

Os sprinklers instalados nas canalizações dispõem de elementos sensíveis que, ao detetarem um incêndio, fazem com que a água seja descarregada imediatamente (figura 3.2.). Apenas serão acionados os sprinklers afetos à área pela ação do incêndio.

Este tipo de sistema é seguro e simples, como tal, tem uma aplicabilidade muito generalizada, porém a sua instalação não deverá ser adotada em locais onde exista o risco de água poder congelar.

A passagem de água através de uma válvula especial do posto de controlo aciona o alarme de incêndio, que pode ser local ou transmitido eletricamente à distância.

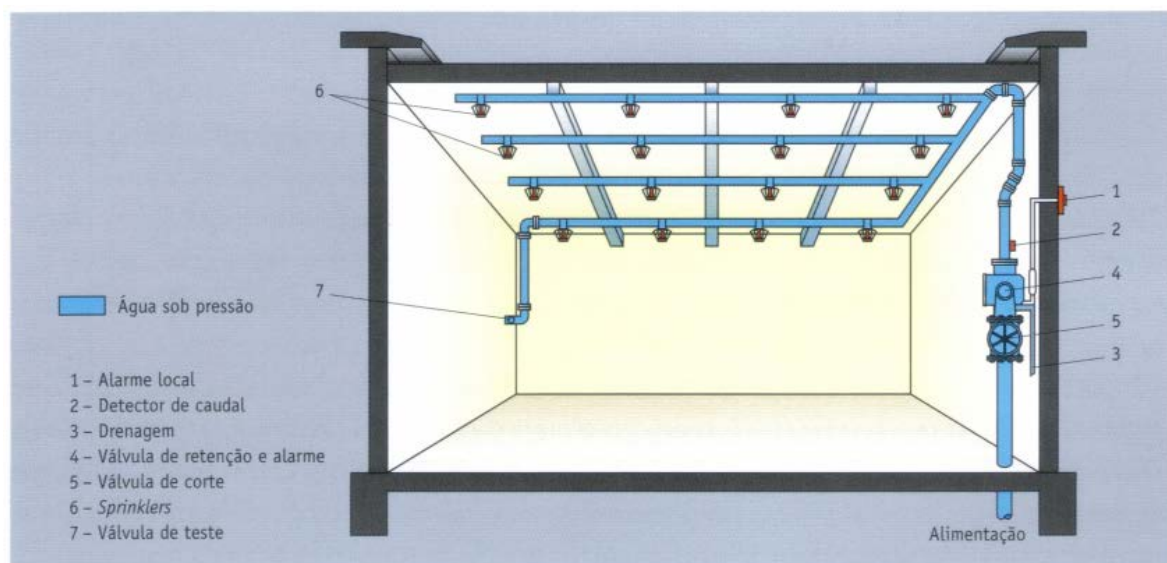


Fig.3.2. – Instalação de sprinklers húmida (wet pipe system) [4].

#### 3.7.1.2. Instalações secas

As instalações secas são instalações standard em que apenas parte das condutas do sistema, a montante do posto de controlo, possui água sobre pressão (figura 3.3.). As restantes canalizações, a jusante do posto de controlo, possuem ar sob pressão e nelas só passará água aquando de um alarme de incêndio.



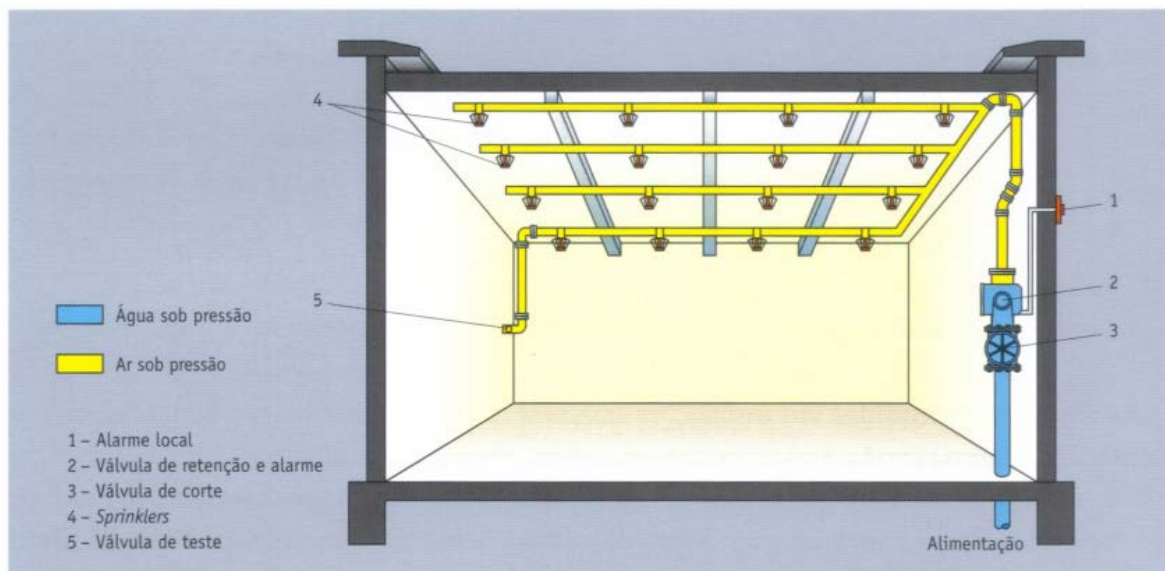


Fig.3.3. – Instalação de sprinklers seca (dry pipe system) [4].

Os sprinklers de uma instalação seca operam da mesma forma que numa húmida, isto é, o seu elemento sensível ao detetar um incêndio, abre de imediato o orifício de descarga de água, o que cria uma rápida diminuição da pressão na válvula do posto de controlo que, assim, deixa passar água para jusante da instalação (figura 3.3.). De modo análogo ao sistema húmido, aqui também só serão acionados os sprinklers afetos à área pela ação do incêndio.

O sistema de tubagem seca é adequado a locais onde exista o risco de congelamento de água, mas é um sistema mais complexo, e como tal, requer mais cuidados de manutenção assim como especial atenção no rearme do sistema após atuação.

#### 3.7.1.3. Instalações alternadas – húmidas/ secas

As instalações alternadas húmidas/ secas são instalações standard que de acordo com as condições climatéricas, com maior risco de congelamento da água, se comportam como uma instalação seca e, outras como uma instalação húmida. Neste tipo de instalação (assim como nas instalações secas), é previsto um abastecimento de ar comprimido e de água.

Existem ainda algumas instalações húmidas ou alternadas húmidas/ secas em que geralmente apenas uma pequena extensão terminal da rede, se mantém permanentemente seca. Estas extensões secas destinam-se a cobrir áreas de reduzidas dimensões em situações especiais pontuais, onde exista o permanentemente risco de congelação ou temperaturas muito elevadas, por exemplo, câmaras frigoríficas e fornos com temperaturas elevadas que podem levar a ativação do sistema de sprinklers.

#### 3.7.1.4. Instalações de pré-ação

As instalações de pré-ação, são instalações standard combinadas com sistemas automáticos de deteção de incêndios (SADI) com cobertura simultânea das áreas protegidas pelos sistemas (figura 3.4.).

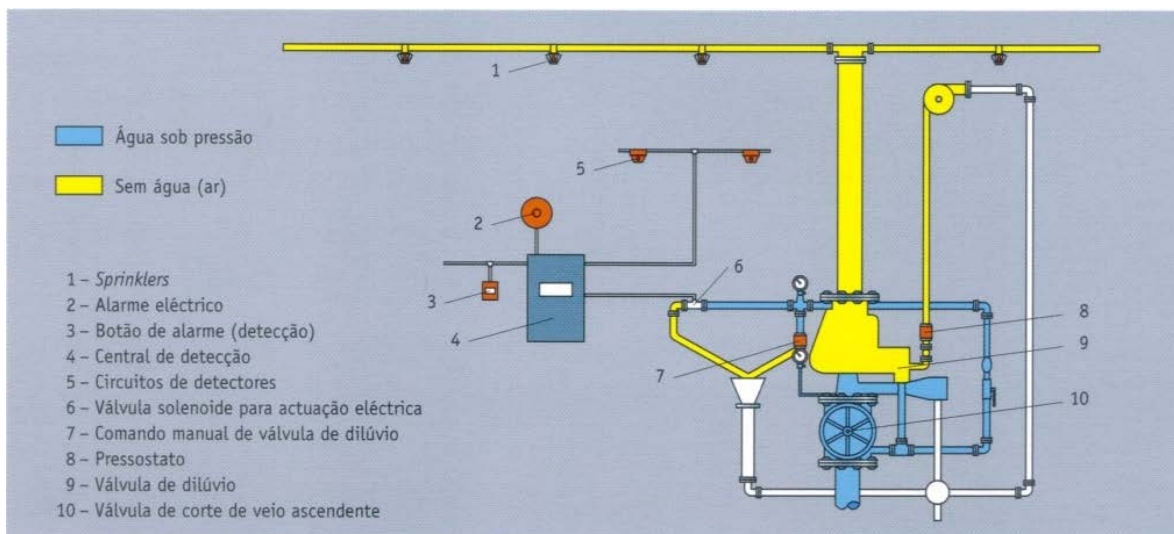


Fig.3.4. – Instalação de sprinklers de pré-ação (preaction) [4].

As condutas da instalação a jusante do posto de controlo estão secas, isto é, possuem ar comprimido. Quando o SADI, que cobre a mesma área do sistema de sprinklers deteta um incêndio, envia o sinal para o posto de comando que abre a alimentação de água para as condutas e emite o alarme. A instalação ficará totalmente cheia de água, mas a atuação só ocorre quando um ou mais sprinklers sejam abertos pela ação do incêndio.

Este tipo de sistema é normalmente aplicado em locais em que os danos provocados pela água, em caso de rutura ou fugas nas canalizações, sejam significativos, como o caso de centros informáticos ou de comunicações.

Existem 3 subsistemas de pré-ação [10]:

- Sistema não interbloqueado: sistema que admite a livre circulação de água no seu interior, desde que o posto de comando tenha recebido ordem da deteção de incêndios, quer pela entrada em ação de algum sprinkler. O sistema comporta-se como um sistema de pré ação quando acionado pelo posto de comando, e como sistema húmido quando ativado pelo(s) sprinklers(s);
- Sistema interbloqueado simples: sistema que apenas admite a admissão de água nas tubagens dos sprinklers, exclusivamente por atuação do sistema de deteção sobre o posto de comando;
- Sistema interbloqueado duplo: sistema que apenas permite circulação de água nas tubagens com a conjugação de ordens sobre o posto de comando, da deteção de incêndios e da atuação de um sprinkler.

### 3.7.2. INSTALAÇÕES DILÚVIO

As instalações dilúvio (deluge) são caracterizadas por possuírem sprinklers permanentemente abertos (sem dispositivo detetor), pelo que só podem operar em conjugação com um SADI que cubra a área protegida pelo sistema mediante acionamento por comando manual (figura 3.5.).

Deste modo, o posto de controlo mantém a alimentação de água fechada para as condutas a jusante e só abre por comando do SADI, quando este detetar um incêndio. Existe também, em paralelo, um comando manual para acionamento do sistema de sprinklers. Ao abrir a válvula de dilúvio, no posto de controlo, por comando do SADI ou manualmente, todos os sprinklers passam a atuar.

Este tipo de sistema adequa-se a locais com elevada carga de incêndio e risco da sua rápida propagação, onde seja necessário aplicar água na totalidade da zona coberta e não, como nos sistemas standard, apenas numa área limitada aos sprinklers ativados pela zona do incêndio.

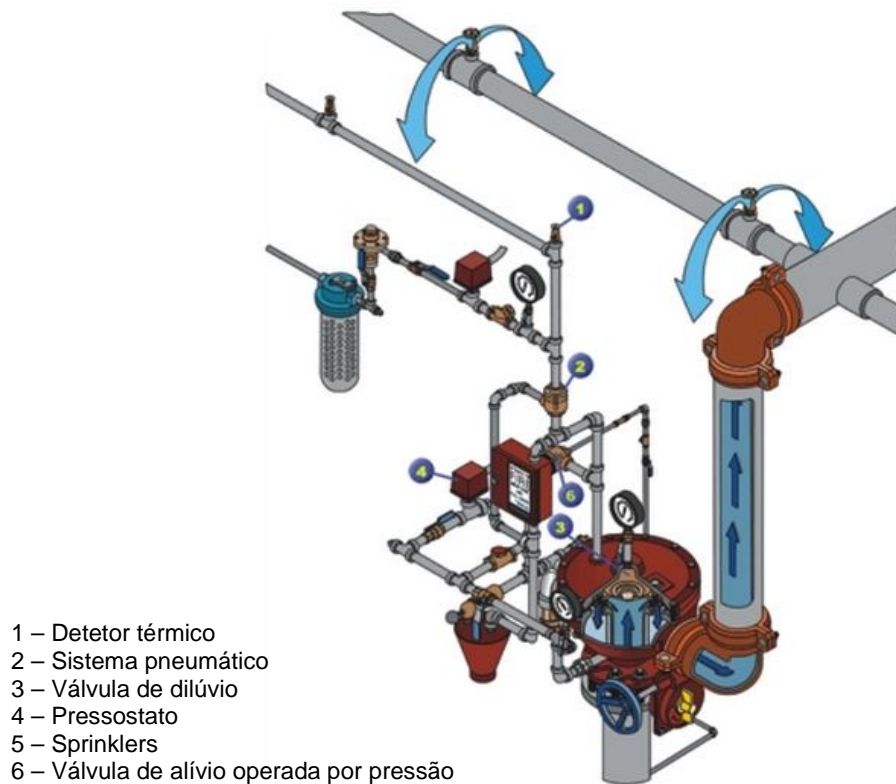


Fig.3.5. – Instalação de sprinklers de dilúvio (deluge) [13].

### 3.8. SISTEMAS DE NEBLINA (FINE WATER MIST)

Apesar de não se tratar de um sistema de sprinklers tradicional, estes constituem uma geração de sistemas automáticos de extinção a água, cuja utilização tem vindo recentemente a ser incrementada.

Em linhas gerais, este sistema diferencia-se do sistema de sprinklers tradicional pela dimensão das gotas de água projetadas. Estes últimos produzem gotas da ordem de 0,1 – 0,01 mm, enquanto os sistemas de sprinklers produzem gotas da ordem de 1 mm. Para ser exequível este tipo de gota de dimensões muito reduzidas é necessário, em regra, operar com pressões significativamente mais elevadas do que as dos sprinklers.

Os sistemas de neblina (fine water mist) utilizam pulverizadores especiais que originam pequenas gotas de água (figura 3.6.).

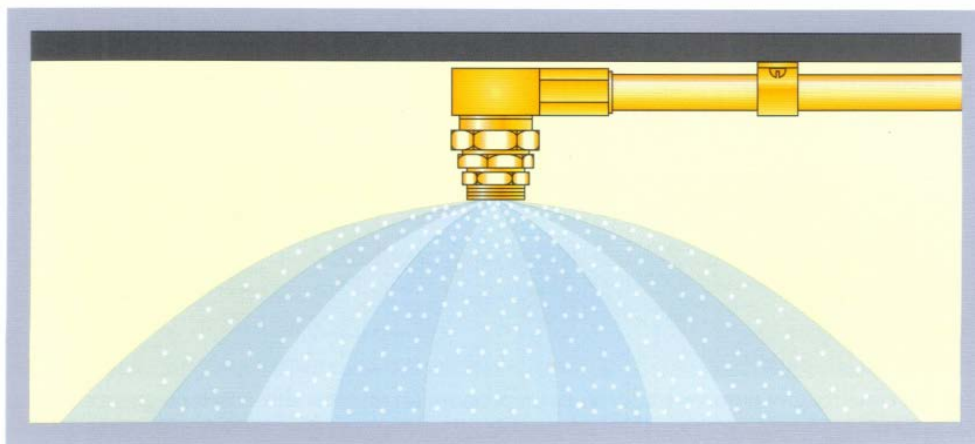


Fig.3.6. – Descarga de um pulverizador de sistema de neblina (fine water mist) [4].

Com a instalação deste sistema, a extinção do incêndio resulta da combinação de 3 efeitos [4]:

- Arrefecimento, provocado pela vaporização das finas gotas de água e pela absorção e dispersão do calor radiado, pelas chamas e pelos produtos de combustão, resultante das finas partículas de água em suspensão;
- Abafamento, em consequência do efeito inertizante do vapor de água gerado, que leva à diminuição do teor de oxigénio e dificulta o contato deste com os combustíveis;
- Carência, devido a alguma diluição de vapores combustíveis provocada pelas partículas de água em suspensão.

A importância do sistema de neblina tem sido crescente, constituindo uma solução válida, alternativa à substituição do Halon 1301 em diversas situações, dadas as suas características, das quais se destacam [4]:

- Elevado rendimento com baixo consumo de água;
- Redução dos danos colaterais em instalações e equipamentos, face a outros sistemas que utilizam água;
- Baixo custo de exploração (manutenção do sistema e substituição do agente extintor), face a soluções que recorrem a agentes distintos da água;
- Baixa condutividade elétrica face a outros sistemas que utilizam água;
- Capacidade de limitar o fumo e de absorver os gases de combustão tóxicos que sejam solúveis na água;
- Aplicação no interior e no exterior de edifícios, em fogos de classes A e B.

Existem 3 categorias distintas de sistemas de neblina [4]:

- Sistemas de baixa pressão (inferior a 1000 kpa), o mais aproximado dos sistemas de sprinklers tradicionais, mas que consomem cerca de 70 a 80% de água desses sistemas tradicionais, para a mesma eficácia de extinção;
- Sistemas de média pressão (entre 1000 e 4000 kpa), com um consumo de água de cerca de 50 a 70%, comparativamente aos sprinklers tradicionais;

- Sistemas de alta pressão (entre 4000 e 20 000 kpa), que apresentam uma maior capacidade de extinção face ao volume de água utilizado na extinção do incêndio.

Os sistemas de média e alta pressão são, por norma, constituídos por um depósito de água, um depósito de gás propulsor (azoto), válvulas de controlo e redução de pressão, canalizações e pulverizadores. Estes elementos constituintes dos sistemas é que proporcionam uma dimensão das gotas de água, um caudal e uma área de cobertura adequados ao risco a cobrir.

Os espaços a proteger devem ser conjugados com a vigilância de um sistema SADI que, em caso de alarme de incêndio, despoletam a descarga de água do sistema de neblina.

Este sistema de neblina tem aplicações em espaços como:

- Naves industriais de diversos tipos, áreas de produção da indústria petroquímica, armazéns de produtos químicos;
- Turbinas a gás, outra maquinaria rotativa, casas de caldeiras industriais, centrais de produção de energia, postos de transformação;
- Museus, bibliotecas, arquivos históricos e outros edifícios do património cultural;
- Salas de informática e de telecomunicações.

### 3.9. SISTEMAS DE CORTINAS DE ÁGUA

Os sistemas de cortinas de água devem obedecer ao estabelecido na regulamentação e normalização nacionais ou europeias vigentes aplicáveis e nas especificações da ANPC.

Este sistema desempenha um papel relevante de auxílio e/ou complemento, à extinção de incêndio pelos sistemas atrás enunciados, no sentido de melhorar a resistência ao fogo dos elementos de construção, constituindo assim, por exemplo uma barreira isoladora de 2 espaços para molhar a parede ou divisória (com elementos de vidro ou metal, etc.), destinados a desempenhar essa função. Não é de todo aceitável supor, que este sistema seja tido como uma alternativa de substituição de elementos resistentes ao fogo ou barreiras ao fumo.

Uma instalação deste tipo é constituída por uma fonte de alimentação, um posto de controlo e um ramal, onde são instalados os sprinklers. Atuam por comando de um SADI, em caso de alarme de incêndio, e a projecção de água pode processar-se de 2 formas: segundo um plano vertical (figura 3.7.) ou dois planos oblíquos divergentes, fazendo um ângulo não superior a 30° com a vertical.

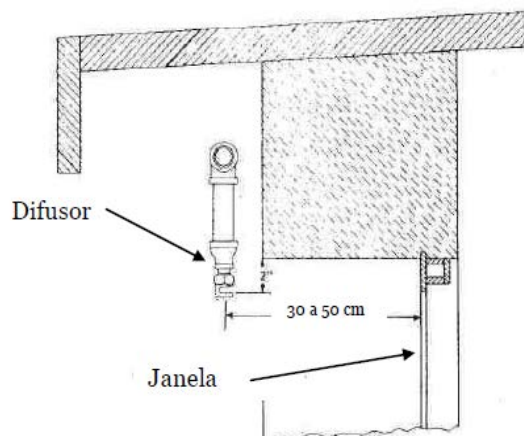


Fig.3.7. – Exemplo de aplicação cortina de água sobre uma janela de vidro [14].

De acordo com o Regulamento Técnico de SCIE [6], os sistemas de cortina de água são de aplicação obrigatória nos locais como [14]:

- Fachadas com cortinas envidraçadas;
- Elementos destinados a fecho de vãos nos parques de estacionamento (utilização-tipo II), nos silos e parques automáticos, na ligação entre pisos cobertos ou compartimentos corta-fogo assim como as escadas protegidas, quando estes não possuem a resistência ao fogo padrão E30;
- Nas bocas de cena das caixas de palco das casas de espetáculos e ou reuniões públicas (utilização-tipo VI) com área superior a 50 m<sup>2</sup>, irrigando, do lado do palco, o dispositivo móvel de obturação, constituído por uma cortina construída com elementos rígidos, flexíveis ou articulados, deslizando em calha;
- Nos vãos de fachadas envidraçadas das aerogares e comerciais (utilização-tipo VIII), dotados de telas, nos espaços destinados à separação ou depósito de bagagens, para atravessamento dos tapetes rolantes;
- Nas utilização-tipo IX, como as zonas industriais, oficinas e armazéns, nas zonas destinadas a pintura ou aplicação de vernizes, quando estas se encontram em espaço interior não isolável, envolvidas por elementos e ou materiais da classe de resistência ao fogo padrão EI 60 ou superior;
- Nos vãos dos edifícios ou estabelecimentos existentes, com elevado risco de incêndio;
- Nos locais de elevado risco de eclosão de incêndio ou explosão quando expostos a fogos externos ou calor intenso.

Ainda é referido, que as instalações automáticas do tipo cortina de água são constituídas por canalizações fixas e rígidas instaladas nos edifícios, que permitem alimentar os sprinklers, os quais são acionados por comando automático, complementado por um comando manual posicionado no posto de segurança. O caudal mínimo não deverá ser inferior a 10 L/min/m<sup>2</sup> da superfície a irrigar. Aquando da existência de depósito privativo do serviço de incêndios, a alimentação dos sistemas deve ser efetuada a partir deste.

### **3.10. COMPOSIÇÃO DE UM SISTEMA DE SPRINKLERS**

#### **3.10.1. SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETEÇÃO DE INCÊNDIOS (SADI)**

##### **3.10.1.1. Características gerais**

Poderá estar associado ou integrado a um sistema de sprinklers um sistema de deteção. Este sistema visa a monitorização e cobertura do edifício a proteger durante as 24 horas do dia. Tem como constituintes [4]:

- Dispositivos de transmissão de alerta;
- Dispositivos de acionamento do alarme;
- Botões de alarme;
- Detetores;
- Dispositivos de sinalização e comando;

- Central de sinalização e comando;
- Cablagem de interligação.

Consoante as características dos espaços a vigiar, os botões de alarme e detetores são agrupados por zonas, com vantagens na discriminação do alarme e na operacionalidade do conjunto (figura 3.8.).

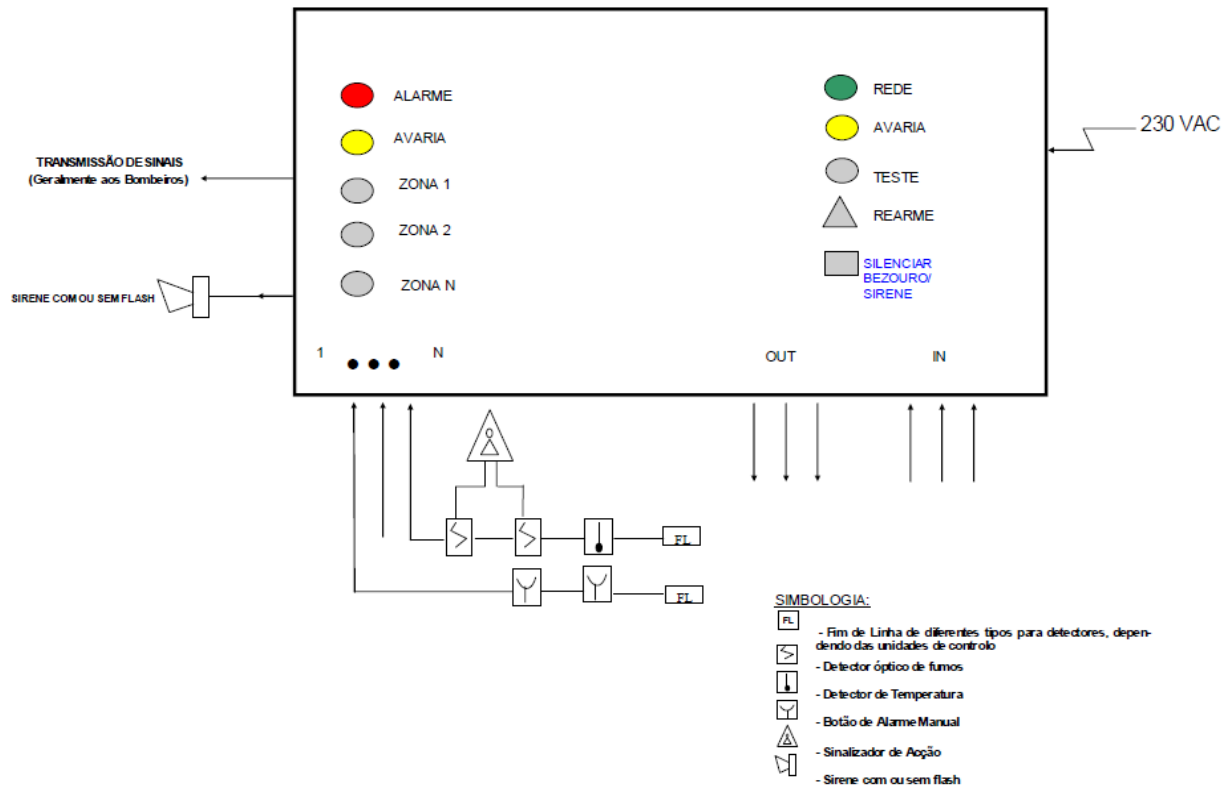


Fig.3.8. – Diagrama de um Sistema Automático de Detecção de Incêndio [15].

#### 3.10.1.2. Central de sinalização e comando

É à central de sinalização e comando, que chegam e são filtradas as informações provenientes dos dispositivos de deteção assim como dos botões de alarme e de todas as demais funções de funcionamento intrínsecos a esta unidade de funcionamento. Como tal, as suas principais funções, entre outras, são [4]:

- Centralizar, analisar e tratar a informação recebida pelos dispositivos a ela associada, tratando-a sob a forma de alerta ótico luminoso (painel) e/ou acústico, em acordo com o espaço a proteger;
- Desencadear a transmissão de alerta (sistema de alarme) no interior das instalações que protege;
- Desencadear a transmissão de alerta aos bombeiros, em caso de ativação do alarme;
- Testar todo o sistema, quer globalmente, quer por circuito;
- Ativar os dispositivos de comando automático de equipamentos e sistemas.



Existindo um posto de segurança nas instalações, é nesse local que deve ser localizado o SADI. Esta localização deve cumprir os requisitos de segurança estabelecidos na regulamentação técnica vigente [16].

Os botões de alarme têm como função possibilitar o desencadeamento do alarme de incêndio por comando manual, assim como para confirmação de alarmes produzidos por outros dispositivos presentes no edifício.

#### 3.10.1.3. Sistema de alarme

Acionada a emissão de alarme pelo SADI, este deve fazer-se chegar de forma célere e unívoca a todos os ocupantes que servem o espaço em risco (evacuação), como os que devem prestar auxílio em medidas de contenção (meios de 1ª intervenção) e emergência.

De forma a ser melhor entendido e integrado por todo o pessoal no espaço que defende, este pode assumir 3 formas distintas de alerta [4]:

- Local, em que alerta para uma situação de foco de incêndio numa área restrita;
- Setorial, em que o alerta para a situação de foco de incêndio abrange parte significativa do edifício;
- Geral, em que o alerta para situação de foco de incêndio cobre a totalidade do edifício.

#### 3.10.1.4. Cablagem de interligação

A cablagem de interligação entre os diversos componentes que compõe um sistema automático de deteção de incêndios deve ser distinta da utilizada para outros fins, e ser devidamente identificada [4].

A cablagem apenas deve passar espaços protegidos pelo sistema, e implantada para que esta sofra o mínimo de danos em caso de incêndio, permitindo assim a continuidade de fornecimento de energia e ou de sinal, no mínimo durante 30 minutos, para canalizações de suporte e para os cabos e condutores nos troços não protegidos por elementos resistentes ao fogo [16].

### 3.10.2. ABASTECIMENTO DE ÁGUA PARA SERVIÇO DE INCÊNDIO

#### 3.10.2.1. Características gerais

São vários os fatores, dos quais dependem um sistema de abastecimento de água para serviço de incêndio [4]:

- Carga de incêndio existente no edifício ou instalação;
- O tipo de instalação hidráulica existente no edifício ou instalação (sistema de sprinklers, RIA, hidrantes exteriores, etc.);
- O número previsto de dispositivos da instalação a atuar em simultâneo e correspondente caudal nominal;
- A autonomia do sistema, adequado ao risco de incêndio a defender, e demais operações associadas à mesma;
- A pressão disponível na rede pública no local.



Ao projetista está incumbida a tarefa de atender ao caudal total necessário para as operações de extinção de incêndio que devem ser suportadas pela instalação, às pressões de trabalho que a mesma deve aferir para uma duração das operações de extinção, que se encontra regulamentada [6], consoante a classe de risco de incêndio.

#### 3.10.2.2. Configurações de abastecimento

Quanto à fonte de abastecimento de água, as configurações possíveis de abastecimento de água para serviço de incêndio podem ser:

- Do tipo público, em que a instalação hidráulica para sistema de incêndio é garantida apenas e exclusivamente pela rede pública;
- Do tipo privativo, em que a instalação hidráulica para sistemas de incêndio é garantida por meios privativos de abastecimento de água, em conjugação com um reservatório de acumulação de água que poderá ser alimentado quer pela rede pública e/ou bombeiros, quer por captação privativa;
- Do tipo misto, em que o abastecimento de água para serviço de incêndio é garantido quer pela rede pública quer por captação privativa.

O depósito de reserva de incêndio pode ter de 3 formas distintas de implantação no terreno:

- Elevado;
- À superfície;
- Enterrado.

Nas situações de implantação no terreno, quer à superfície, quer enterrado, deve ser tida em atenção a sua localização na proximidade do grupo hidropressor, a um nível ligeiramente elevado relativamente a este último, como garantia da permanência em carga do grupo hidropressor, em quaisquer condições de solicitação ao sistema.

A capacidade da reserva de água para serviço de incêndio (resultante do produto da duração expetável do incêndio pela soma dos caudais nominais), é variável em função do risco e das necessidades da instalação, sendo geralmente adotado por regra um valor mínimo de 60 m<sup>3</sup> [17].

Aquando da existência de possibilidade de abastecimento de água ao reservatório de reserva, esta será feita através de ligação disponível para os bombeiros, de duas uniões siamesas do tipo storz (70 mm), de válvulas anti-retorno. Caso esta ligação seja feita a cota inferior a partes da conduta de abastecimento, esta deverá dispor também de uma válvula de purga.

No caso de um sistema independente, isto é, em que a instalação hidráulica para serviço de incêndio seja totalmente separada das instalações para outros consumos, a ligação disponível para os bombeiros, também poderá abastecer o sistema a jusante do grupo hidropressor, suprimindo assim eventuais falhas e ou limitações de fornecimento do grupo.

#### 3.10.2.3. Sistemas de bombagem

Um sistema de bombagem tem como constituintes [4]:

- Bomba (ou bombas) principal;

- Bomba jockey;
- Coletor de aspiração;
- Coletor de impulsão;
- Válvulas de comando;
- Aparelhagem de monitorização e medida;
- Dispositivos de controlo.

As bombas, sendo um dos componentes principais num grupo de incêndios, podem assumir diferentes formas construtivas:

- Bombas centrífugas de eixo-horizontal com câmara bipartida;
- Bombas centrífugas normalizadas do tipo “end-suction”;
- Bombas submersíveis de coluna;
- Bombas multicelulares horizontais com múltiplas saídas (aplicadas em edifícios muito altos);
- Bombas de carros para espuma;
- Bombas multicelulares verticais.

As bombas principais, do tipo eletrobomba, têm como função disponibilizar à instalação hidráulica, para serviços de incêndio, o caudal e pressão necessários ao correto funcionamento da mesma. Deve existir um circuito abastecido por um gerador de emergência, caso, todo o grupo hidropressor seja alimentado por acionamento elétrico.

É de bom senso, num grupo hidropressor de duas (figura 3.9.) ou mais bombas principais, que estas sejam montadas em paralelo, visto que assim, aumenta a fiabilidade das bombas e a rotatividade alternada das mesmas, salvaguardando sempre 1 das bombas como reserva.



Fig.3.9. – Sistema de 2 bombas para serviço de sistema de incêndio [18].

A bomba jockey tem como objetivo manter pressurizada toda a rede de água de incêndios. Todas as bombas do sistema são munidas de pressostatos que regulam o arranque e paragem automáticos das bombas. Deve existir também um processo manual de arranque para cada bomba. É de boa regra manter um registo da contagem dos arranques da bomba jockey, com vista a monitorização do seu funcionamento, e deteção de eventuais fugas na rede.

O sistema de bombagem deve dispor de dispositivos de alarme, para alerta de ausência de pressão na bomba, dos níveis de reserva do depósito, falha na fonte de alimentação de energia elétrica (bombas elétricas), etc..

No abastecimento de água em sistemas que disponibilizem grandes caudais e onde sejam previsíveis variações significativas de velocidade de água na rede por corte repentino de válvulas devem ser previstas válvulas de amortecimento, para prevenir os golpes de ariete. Como alternativa, poder-se-ão utilizar válvulas com velocidade de fecho controlada, de tipo fecho lento.

#### 3.10.2.4. Critérios gerais de dimensionamento

O abastecimento de água para sistemas de emergência é dimensionando tendo em conta os parâmetros de necessidades de caudal e pressões necessárias ao funcionamento pleno do sistema, no período decorrente das operações de extinção do incêndio, atendendo também ao fator de simultaneidade de funcionamento com outros sistemas que a instalação possa comportar [4].

O critério de dimensionamento utilizado num sistema de sprinklers vem referenciado, e estabelece para cada utilização-tipo os correspondentes tempos de descarga, de acordo com o Quadro 3.2.

O número máximo de sprinklers por cada posto de comando, para sistemas do tipo húmido ou pré-ação, é de acordo com a nota técnica n.º 16 [10] para:

- Risco ligeiro – 500;
- Risco ordinário, incluindo risco ligeiro – 1000, exceto casos especiais;
- Risco grave, (incluindo risco ligeiro e risco ordinário) – 1000.

Devem ser assegurados os valores de pressão a verificarem-se nas válvulas de controlo, indicados no Quadro 3.3 [10]:

Quadro 3.3 – Requisitos de pressão no posto de comando [10].

Classe de risco	Pressão no posto de comando (bar)
Ligeiro	$2,2 + P_s^*$
RO <sub>1</sub> húmido e pré-ação	$1,0 + P_s$
RO <sub>1</sub> seco e alternado RO <sub>2</sub> húmido e pré-ação	$1,4 + P_s$
RO <sub>2</sub> seco e alternado RO <sub>3</sub> húmido e pré-ação	$1,7 + P_s$
RO <sub>3</sub> seco e alternado RO <sub>4</sub> húmido e pré-ação	$2,0 + P_s$

\* $P_s$  é a diferença de pressão equivalente à diferença de cotas do sprinklers mais elevado relativamente ao posto de comando e controlo.

Em situações mais gravosas, não abrangidas pela regulamentação nacional ou europeia, a NFPA 13 [9] estabelece os valores para a capacidade de vazão do sistema consoante a classe de risco de ocupação, Quadro 3.4.

Quadro 3.4 – Autonomias mínimas de abastecimento de água, valores segundo NFPA 13 [9].

Classe de risco	Duração (min.)
Ligeiro	30
Ordinário	60 – 90
Grave	90 – 120

### 3.10.3. VÁLVULAS

As válvulas são órgãos instalados nas redes devido a necessidades construtivas ou de controlo, e podem ser afetadas por fenómenos de cativação, “flashing”, ruído, corrosão e incrustações. A importância de uma manutenção adequada a estes órgãos de manobra e controlo é fundamental ao bom desempenho da instalação hidráulica de SI. É permitido o uso de válvulas recondicionadas em sistemas existentes como elemento de substituição [9].

Atendendo ao modo como realizam a sua função, podem classificar-se da seguinte forma:

- Válvula de seccionamento – para impedir ou estabelecer passagem de água em qualquer dos sentidos (válvulas de gaveta; globo ou borboleta); estas válvulas têm como objetivo também fazer variar a distribuição de pressões na rede (perda de carga induzida); é recomendado pela NFPA 13 [9], um tempo de fecho não inferior 5 s, quando em funcionamento na posição totalmente aberta;
- Válvula de segurança – válvula de regulação pilotada por pressão, para ser possível manter pressões na rede abaixo de um determinado valor por efeito de descarga (válvulas de purga);
- Válvula redutora de pressão – para manter pressão abaixo de determinado valor com a introdução de uma perda de carga;
- Válvula anti-retorno ou de retenção – com função de apenas permitir a circulação de água num só sentido desejado (válvulas de retenção).

#### 3.10.3.1. Válvula de gaveta

Válvula de gaveta é uma válvula em que a sua principal característica reside na sua mínima obstrução à passagem de fluxo, quando totalmente aberta, proporcionando baixa turbulência, com um diferencial de pressão quase insignificante. Isto só é possível, visto que o sistema de vedação atua perpendicularmente à linha de fluxo. Permite fluxo nos 2 sentidos e é estanque para quaisquer tipos de fluidos (figura 3.10.).



Fig.3.10. – Pormenor do interior de uma válvula de gaveta [19].

#### 3.10.3.2. Válvula de globo

Válvula de globo é uma válvula desenvolvida para regular o escoamento de determinada rede, que requer operações frequentes de abertura e fecho. O seu nome deve-se ao formato de corpo esférico com as duas metades do corpo a serem separadas por um defletor interno (figura 3.11.). Permite um controlo eficiente do fluido, oferecendo no entanto uma elevada perda de carga em virtude da brusca mudança de direção imposta ao fluido, mas não admite fluxo do fluido nos 2 sentidos.



Fig.3.11 – Pormenor do interior de uma válvula de globo [19].

### 3.10.3.3. Válvula de borboleta

É uma válvula em que o obturador, designado por borboleta, se movimenta no seio do fluido por rotação (um quarto de volta) em torno de um eixo perpendicular ao sentido do escoamento do fluido (figura 3.12.).



Fig.3.12. – Pormenor do interior de uma válvula de borboleta [19].

### 3.10.3.4. Válvula de retenção

A válvula de retenção é um equipamento com função de proteção das instalações hidráulicas com o fim de evitar a inversão do sentido de fluxo (refluxo) da água, provocado pela paralisação das bombas. A sua localização é imediatamente a jusante de cada grupo eletrobomba (figura 3.13.).



Fig.3.13. – Pormenor do interior de uma válvula de retenção [19].

### 3.10.4. TUBAGENS

O material de tubagem atualmente mais utilizado nas redes de incêndio em Portugal é o aço macio (galvanizado). Para conferir uma maior capacidade de resistência à oxidação, este tipo de aço sofre um processo de deposição dum revestimento de zinco fundido obtido por imersão (galvanização).

Devem ser preferencialmente do mesmo material, tanto as tubagens como os acessórios que formam a rede de incêndio. Caso assim não seja possível, devem ser tomadas precauções que evitem o contato direto dos 2 materiais, como a interposição entre ambos de juntas dielétricas, evitando assim o aparecimento de fenómenos de corrosão provocados pelo contato entre metais com nobrezas diferentes [20].

Não devem fazer parte das canalizações os materiais que não conservem as suas características quando submetidos a elevadas temperaturas ( $\geq 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Nos sistemas húmidos deverão ser usados materiais com elevada resistência à corrosão.

O PVC rígido tem também aplicabilidade, fazendo sentido apenas em situações de tubagens enterradas (elevado coeficiente de dilatação térmica), e troços com elevadas perdas de cargas (baixa rugosidade).

Na fase de dimensionamento e escolha do tipo de tubagem há que ter em atenção o parâmetro de rugosidade da tubagem ( $k$ ) já referido anteriormente, ou o coeficiente de atrito de Hazen-Williams ( $C$ ), dependendo do fator que entra na fórmula escolhida para o cálculo de perdas de carga na tubagem.

A norma NFPA 13 atribui os valores de ( $C$ ) em função do tipo de material da tubagem listados no Quadro 3.5.

Quadro 3.5 – Coeficiente de atrito de Hazen – Williams ( $C$ ) [9].

Material	Valor de $C$
Ferro fundido ou dúctil sem revestimento	100
Aço preto (sistema seco, inclusive os de pré-ação)	100
Aço preto (sistema húmido, incluindo dilúvio)	120
Galvanizado	120
Plástico	150
Ferro fundido ou dúctil com revestimento de cimento	140
Cobre ou aço inox	150
Fibrocimento	140
Betão	140

As tubagens assim como os restantes sistemas de fixação/ suspensão, juntas de dilatação e demais acessórios que compõem a rede, devem cumprir os requisitos das normas EN 12845 [8] capítulos 7 e 17, norma NFPA 13 [9] capítulos 7 e 8, assim como a especificação CEA 4001 [21], capítulos 6 e 15, e, eventualmente, satisfazer também os requisitos pelo fabricante ou fornecedor do equipamento [10].

Os tubos devem ser pintados de cor vermelha de código RAL 3000, e sinalizado o sentido de fluxo de água nos mesmos.

### 3.10.5. SPRINKLERS

Serão objeto de uma análise detalhada no capítulo seguinte, dedicado às suas especificações e condicionantes de aplicação em projeto.

## 3.11. DISTRIBUIÇÃO DOS RAMAIS DE UM SISTEMA DE SPRINKLERS

A arquitetura dos espaços a proteger condiciona a distribuição das canalizações do sistema. Contudo é frequente classificar a distribuição dos ramais do sistema em duas grandes categorias:

Disposição lateral – todos os sub-ramais encontram-se localizados num só lado do ramal principal, figuras 3.14 e 3.15;

Disposição central – os sub-ramais estão distribuídos nos dois lados do ramal principal, figuras 3.16 e 3.17.

Num tipo de rede ramificada, a alimentação de água aos ramais, em ambas as situações, poderá ser central ou terminal, atendendo ao ponto onde o ramo principal está ligado.

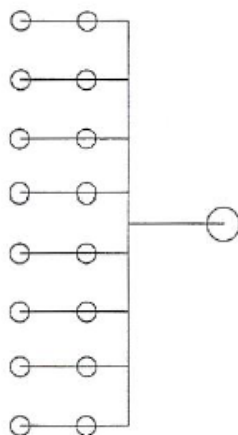


Fig.3.14. – Alimentação central com disposição lateral dos sub-ramais [10].

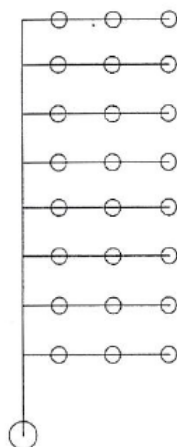


Fig.3.15. – Alimentação lateral com disposição lateral dos sub-ramais [10].



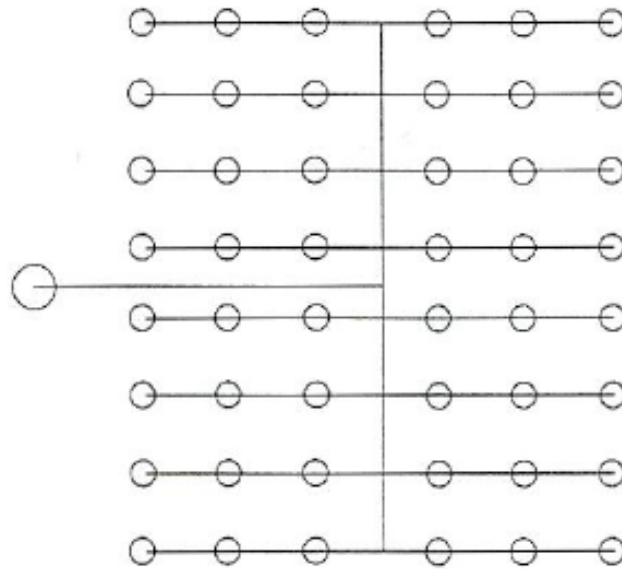


Fig.3.16. – Alimentação central com disposição central dos sub-ramais [10].

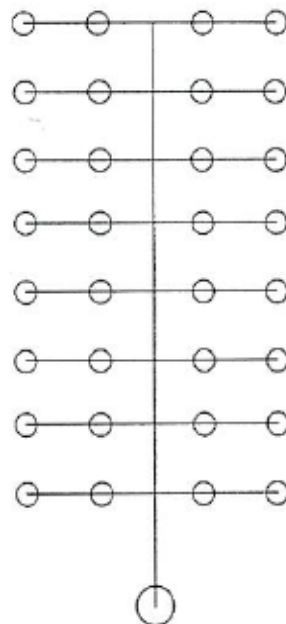


Fig.3.17. – Alimentação lateral com disposição central dos sub-ramais [10].

Num tipo de rede emalhada, a alimentação dos sub-ramais é feita pelos ramais nas suas extremidades, possibilitando circuitos múltiplos de escoamento de água na rede. Esta disposição de rede proporciona menores perdas de pressão nas tubagens com consequentes menores diâmetros e assim uma distribuição mais equitativa da água pelo sistema (figura 3.18.).

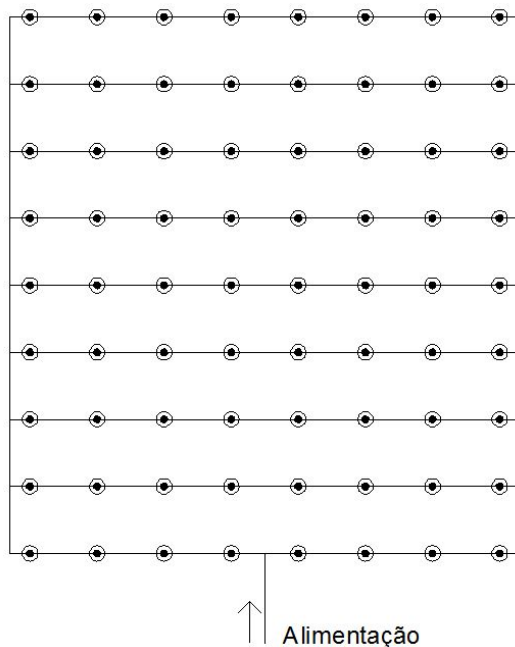


Fig.3.18. – Alimentação de uma rede emalhada.

Num tipo de rede em anel a alimentação é efetuada por anel que alimenta os sub-ramais (figura 3.19.).

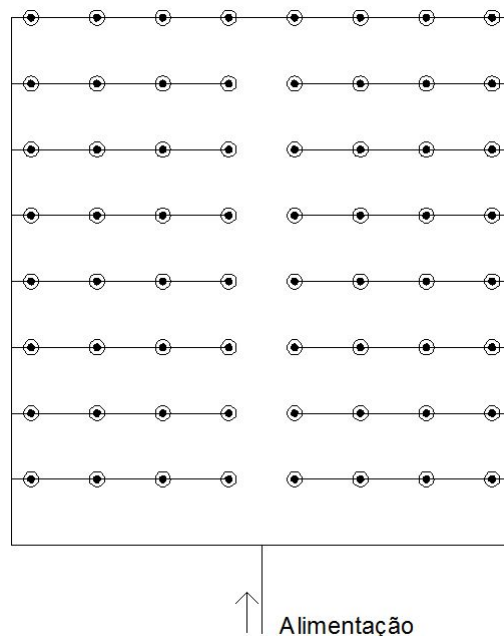


Fig.3.19. – Alimentação de uma rede em anel.

### 3.12. EXPLORAÇÃO DE SISTEMAS E EQUIPAMENTOS

#### 3.12.1. RECEÇÃO DA INSTALAÇÃO

Antes de entrar em funcionamento, os sistemas instalados devem ser alvo de uma cuidada inspeção visual e verificação técnica, para determinar se estão de acordo com o projeto aprovado e as especificações técnicas do fabricante dos equipamentos [10]. Pode haver mais do que uma entidade envolvida neste processo.

Antes de se proceder à verificação da instalação, deverá ser previsto um período de tempo preliminar de forma a poder verificar a estabilidade do sistema instalado nas condições ambientais do local. Na inspeção visual o técnico responsável pela instalação do sistema deve assegurar que o trabalho foi executado de forma correta e que os métodos, materiais e componentes utilizados estão de acordo com a especificação internacional a ela associada (seja a EN 12845 [8], CEA 4001 [21] ou NFPA 13 [9]).

O técnico responsável deve testar e verificar se o sistema instalado opera de forma correta e, particularmente, deve verificar-se:

- Toda a tubagem foi testada hidrostaticamente durante 2 horas a uma pressão de 14 bar ou 3 bar acima da pressão máxima esperada no sistema (de uma maneira geral a pressão e caudal zero da bomba de maior pressão). Caso exista, a tubagem seca deve ser testada pneumaticamente;
- O posto de comando e controlo, indicadores de pressão, válvulas de teste, campainha hidráulica funcionam corretamente;
- As válvulas de teste que, com a sua abertura, provocam atuação do posto de controlo;
- Foram fornecidos os documentos e instruções requeridos.

A verificação e aceitação do sistema automático de extinção de incêndios utilizando como agente extintor a água, deve ser realizada, pelo menos com a presença do responsável instalador e pelo dono de obra ou um seu legítimo representante. É no entanto desejável que o projetista esteja também presente. O Regulamento Técnico de Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RT-SCIE) prevê que na receção destes sistemas deva estar presente o delegado da entidade que tem por missão a fiscalização da segurança ou proceder-se a esta vistoria numa sessão posterior.

Os testes de aceitação consistem em:

- Verificar se foram fornecidos todos os documentos necessários à elaboração dos procedimentos ou plano de prevenção;
- Inspeções visuais, incluindo tudo o que possa ser avaliado desta forma, tendo em vista verificar a concordância do equipamento instalado com o projeto e as especificações;
- Testes funcionais sobre a operação correta do sistema, incluindo os interfaces com equipamentos auxiliares e transmissão à distância.

#### 3.12.2. DOCUMENTAÇÃO

Ao responsável de segurança (RS) ou ao seu delegado - pessoa responsável pela exploração das instalações – devem ser fornecidas: as instruções adequadas de utilização, cuidados de rotina a observar, plantas e memória descritiva e testes do sistema instalado.

O técnico responsável pela instalação deve fornecer ao dono de obra um certificado de verificação técnica assinado.

### **3.12.3. RESPONSABILIDADE**

Quando a verificação estiver completa e de acordo com as solicitações do dono de obra, o sistema deverá ser considerado como formalmente entregue. A entrega marca o ponto a partir do qual o dono de obra assume a responsabilidade do sistema.

### **3.12.4. APROVAÇÃO POR TERCEIROS**

Um Sistema Automático de Extinção de Incêndio a água tem, em princípio, um conjunto de meios passivos e ativos que a entidade fiscalizadora (e emissora de pareceres) pode inspecionar em simultâneo.

A aprovação de um sistema instalado é baseada numa vistoria inicial, seguida de inspeções periódicas continuadas para assegurar que o sistema instalado tem sido corretamente utilizado, mantido e, quando necessário, modificado.

Os requisitos das companhias seguradoras contra incêndios podem ter variantes nacionais ou locais e são usualmente traduzidos nos seus próprios documentos. Estes requisitos especificarão quaisquer necessidades de envolvimento direto pelas organizações de seguros na inspeção dos sistemas instalados.

## **3.13. MANUTENÇÃO DE SISTEMAS E EQUIPAMENTOS**

Imediatamente após a conclusão da instalação quer os respetivos locais estejam ocupados ou não, deve efetuar-se uma inspeção para assegurar o funcionamento correto e continuado do sistema.

Geralmente deve ser feito um acordo entre o dono de obra ou o utilizador e o fabricante, fornecedor ou outra entidade competente para inspeção, assistência técnica e reparação. O acordo deve especificar as formas de comunicação adequadas para providenciar o acesso às instalações e o prazo no fim do qual o equipamento deve ser respondido em condições de funcionamento após uma avaria. O nome e o número de telefone da empresa de assistência técnica devem estar afixados de modo proeminente no posto de segurança e junto do posto de comando e controlo.

### **3.13.1. ROTINA DE MANUTENÇÃO**

Deve ser implementada uma rotina de inspeção e assistência técnica. Esta rotina destina-se a assegurar o funcionamento correto e continuado do sistema em condições normais.

Qualquer anomalia observada deve ser registada no livro de registo de ocorrências e a ação corretiva deve ser tomada tão cedo quanto possível.

Deve ser adotada a seguinte rotina de manutenção:

#### **3.13.1.1. Verificação diária**

O operador deve:

- Verificar se o posto de comando está na sua posição normal, ou que quaisquer variações à condição normal estão registadas no livro de registo de ocorrências e, quando se justifique, reportadas à organização responsável pela manutenção e assistência técnica;
- Verificar se qualquer alarme registado no dia de trabalho anterior recebeu a atenção devida;
- Verificar se o sistema foi devidamente restaurado depois de qualquer desativação, teste ou ordem de fecho.

#### 3.13.1.2. Verificação semanal

O operador deve:

- Verificar os indicadores de pressão;
- Verificar os indicadores dos níveis de fornecimento de água;
- Testar, durante 30 s a campainha hidráulica;

Para verificação do sistema de bombagem ver nota técnica n.º 15 [22].

#### 3.13.1.3. Verificação trimestral

A pessoa competente designada para a verificação trimestral deve:

- Verificar todas as entradas no livro de registo de ocorrências e tomar as ações necessárias para repor o sistema em operação correta;
- Operar pelo menos uma válvula de teste em cada uma das zonas, para testar se o sinal de aviso ou dispositivo auxiliar estão a funcionar corretamente;
- Verificar se se mantém a classificação de risco que deu origem ao tipo de sistema instalado;
- Proceder a uma inspeção visual a toda a instalação para eventualmente detetar pequenas fugas de água, pontos de corrosão, etc.;
- Quando permitido, acionar a comunicação de alarme ao corpo de bombeiros ou central recetora de alarmes para testar se o sinal de aviso está a funcionar corretamente;
- Executar todas as verificações e testes especificados pelo instalador, fornecedor ou fabricante;
- Averiguar eventuais mudanças estruturais ou ocupacionais que possam ter afetado os requisitos para a localização de sprinklers.

Certos sistemas específicos poderão justificar uma inspeção semestral, de acordo com instruções fornecidas pelo fornecedor / instalador.

#### 3.13.1.4. Verificação anual

A pessoa competente designada para a verificação anual deve:

- Executar a inspeção e rotinas de testes recomendados (diárias, mensais, trimestrais e semestrais);
- Verificar o correto funcionamento do sistema de alimentação de água e do sistema de bombagem conforme as respectivas notas técnicas n.º 14 [17] e n.º 15 [22];
- Efetuar uma inspeção visual para confirmar que todos sprinklers e tubagem estão ajustados e seguros, não danificados e adequadamente protegidos;
- Efetuar uma inspeção visual para verificar se ocorreram mudanças estruturais ou ocupacionais que tenham afetado os requisitos para a configuração do sistema automático de extinção de incêndio – água instalado.

Deve ter-se especial cuidado para garantir que o equipamento foi apropriadamente repostado em condições normais de funcionamento, após os ensaios.

As verificações trimestrais, semestrais e anuais devem ser executadas somente por pessoas adequadamente formadas e competentes para as efetuar. A responsabilidade deste trabalho recai sobre essas pessoas ou sobre a entidade a que pertencem.

#### 3.13.1.5. Assistência técnica especial

A rotina de manutenção descrita no ponto 3.13.1.1. é destinada a manter o sistema em condições normais de funcionamento.

Podem, no entanto, existir circunstâncias que exijam especial atenção e necessitem de aconselhamento da entidade prestadora de serviço de assistência.

Tais circunstâncias devem incluir:

- Qualquer incêndio (detetado automaticamente ou não);
- Qualquer incidência anormal de falsos alarmes;
- Ampliação, alteração ou decoração das instalações;
- Mudança na ocupação ou nas atividades desenvolvidas nas áreas protegidas pelo sistema;
- Alterações do nível do ruído ou atenuação de som que influenciem a informação acústica;
- Dano em qualquer parte do sistema, mesmo que nenhuma avaria seja imediatamente aparente;
- Qualquer mudança no equipamento auxiliar;
- Uso do sistema antes de estarem completos os trabalhos no edifício e o edifício estar completamente entregue.

#### 3.13.1.6. Reparação e modificação

O proprietário e ou utilizador deve informar imediatamente a entidade prestadora do serviço de assistência para que sejam tomadas as necessárias medidas corretivas em caso de qualquer:

- Indicação de mau funcionamento do sistema;
- Dano em qualquer parte do sistema;

- Mudança na estrutura ou ocupação das instalações;
- Mudança nas atividades desenvolvidas na área protegida que possa alterar ou a posição do sensor ou do difusor.

#### 3.13.1.7. Peças sobresselentes

É conveniente a existência no local de peças sobresselentes, sugeridas pelo fabricante (tipo e quantidade), nomeadamente sprinklers dos tipos instalados.

A Norma Europeia 12845 [8] e a especificação CEA 4001 [21] referem os seguintes números mínimos de sprinklers sobressalentes para cada grupo de risco:

- 6 para o grupo de risco ligeiro;
- 24 para os grupos de risco ordinário;
- 36 para os grupos de risco grave na produção e risco grave no armazenamento.

Já a norma NFPA 13 [9], define o número de peças sobresselentes não de acordo com o grupo de risco do sistema instalado, mas sim pelo número efetivo de sprinklers instalados no sistema:

- Instalações protegidas até 300 sprinklers, não menos de 6;
- Instalações protegidas entre 300 e 1000 sprinklers, não menos de 12;
- Instalações protegidas com mais de 1000 sprinklers, não menos que 24.





# 4

## MEIOS AUTOMÁTICOS DE COMBATE A INCÊNDIO (SPRINKLERS)

### 4.1. COMPOSIÇÃO DO SPRINKLER

#### 4.1.1. ASPETOS GERAIS

Sprinkler ou pulverizador, é o componente do sistema que tem como função: a detecção da ocorrência de um foco de incêndio; projetar água com vista à circunscrição do incêndio e, na maioria dos casos, à extinção do incêndio.

Este componente, em regra, é composto pelos seguintes elementos (figura 4.1.):

- Defletor (difusor);
- Corpo do pulverizador com sistema de fixação (canhão roscado);
- Dispositivo de detecção sensível à temperatura;
- Orifício calibrado de descarga da água;
- Sistema de vedação (obturador).

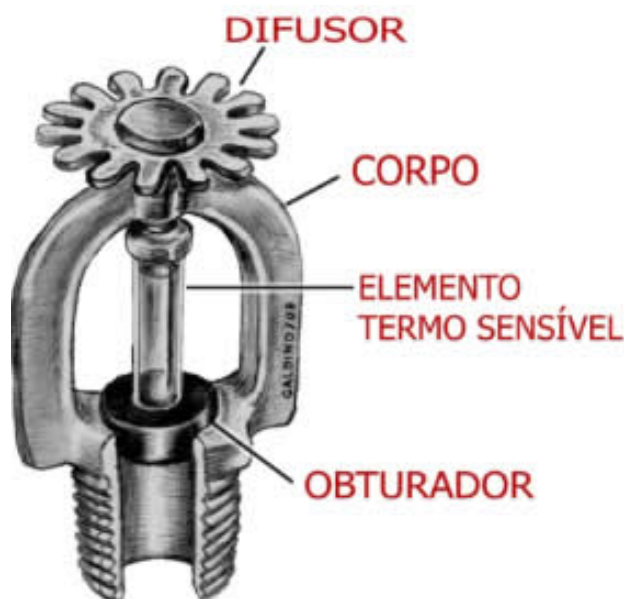


Fig.4.1. – Componentes do sprinkler [23].

#### 4.1.2. COMPONENTES

##### 4.1.2.1. Defletor

O defletor, está preso à estrutura do sprinkler automático. É sobre ele que incide com bastante força o jato de água, após removido o obturador, formando um cone de aspersão de água sobre toda a área de proteção do sprinkler automático [24].

##### 4.1.2.2. Corpo do pulverizador com sistema de fixação (canhão roscado)

É a parte dos sprinklers automáticos que contém a rosca para a sua fixação à canalização de água, assim como serve de suporte aos seus demais componentes [24].

##### 4.1.2.3. Dispositivos de detecção sensíveis à temperatura

Elemento destinado a soltar o obturador e permitir a passagem da água, quando o local da instalação do sprinkler automático atingir a temperatura de seu acionamento. Esse elemento sensível à temperatura pode ser um fusível de liga metálica especial ou uma ampola de vidro, que possui um líquido especial no seu interior altamente expansível com o calor.

Os dispositivos de detecção sensível à temperatura, podem ser de dois tipos:

- De ampola de vidro: esta ampola contém um líquido com elevado coeficiente de dilatação e ar. A temperatura relativamente baixa, a pressão interna da ampola resultante da dilatação aumenta o suficiente, e parte as paredes do vidro (figura 4.2.). O partir da ampola de vidro implica a remoção do obturador (aquilo que obtura ou tapa) permitindo a saída da água em jato que vai embater no difusor.
- De fusível de liga metálica: este fusível funde a temperatura relativamente baixa. A obturação fica garantida por duas alavancas que se mantêm unidas graças à ação do obturador. Quando o fusível funde as alavancas soltam-se por ação da água (ou do ar comprimido nos sistemas secos), isto é, o obturador abre, permitindo assim a saída da água, que irá embater no difusor.



Fig.4.2. – Fases de acionamento de sprinkler (sistema ampola de vidro) [23].

A partir da análise das indicações da Regra Técnica n.º 1 – Sistema Automático de Extinção a Água – Sprinklers [25], do ISP, é possível inferir as seguintes afirmações [4]:

- Na generalidade, em Portugal, as temperaturas de atuação dos dispositivos de deteção sensível à temperatura são de valores de 68 °C e 79 °C, adequadas aos espaços a cobrir;
- Em locais pouco ventilados ou expostos através de vidros à radiação solar, é recomendado um agravamento da gama de valores anteriores, sendo a adoção de temperaturas de atuação destes dispositivos, de valores de 79 °C e 93 °C, apresentadas como as mais adequadas;
- Em situações de armazenamento em altura, com pés direitos acima de 8 m, as temperaturas a adotar devem ser de 93 °C e 141 °C, para os modelos com ampola de vidro ou fusível (figura 4.3.), respetivamente.

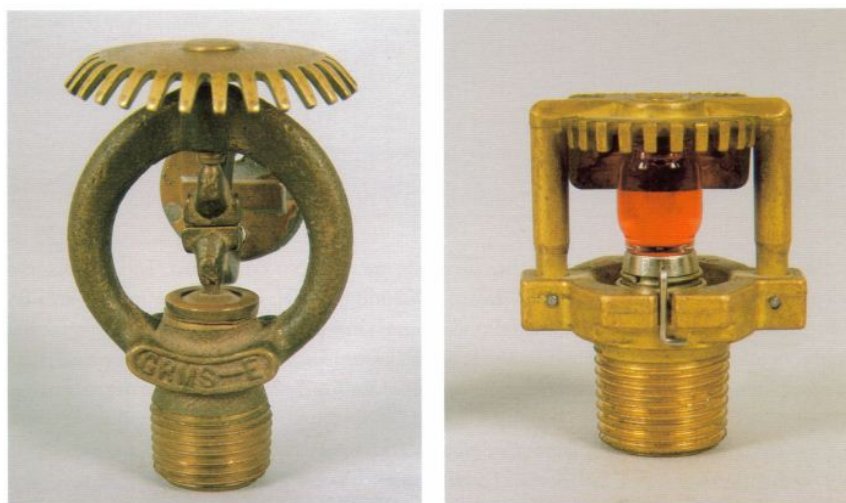


Fig.4.3 – Sprinkler com dispositivo de deteção [4].

#### 4.1.2.4. Orifício calibrado de descarga de água

Elemento destinado a regular a densidade de descarga de água no local a proteger, mediante a classe de risco do espaço. Os orifícios de descarga podem assumir três valores de diâmetro nominal: 10, 15 e 25 mm (Quadro 4.1).

Quadro 4.1 – Diâmetros nominais dos orifícios de descarga [25].

Diâmetro (mm)	Classe de risco	Fator K*	Roscas do tubo (mm)
10	Ligeiros	57 ± 5 %	10
15	Ordinários e Graves	80 ± 5 %	15
20	Graves	115 ± 5 %	20

Nota: K – é um fator que define a capacidade de descarga de água de um sprinkler. Em situações especiais que assim o exijam, podem ser usados outros valores de K.

O cálculo do caudal de um sprinkler é dependente do valor de K, variando de sprinkler para sprinkler conforme as suas características tipo e estilo, sendo dado pela fórmula:

$$Q = K \times \sqrt{P} \quad (1)$$

em que:

Q – Caudal (L/min);

K – Fator de descarga (L/min.kPa<sup>-0,5</sup>);

P – Pressão (kPa).

#### 4.1.2.5. Obturador

Pequeno disco metálico que veda o orifício de descarga de água do sprinkler automático nas condições normais de temperatura do local de sua instalação [24].

## 4.2. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO AO TIPO DE ACIONAMENTO

Quanto ao tipo de acionamento os sprinklers podem ser de dois tipos:

- Automático: o sprinkler tem um elemento sensível à temperatura, que se parte ou funde ao atingir uma temperatura pré-determinada, libertando a água sobre a área de incêndio;
- Aberto: o sprinkler não dispõe de elemento acionador (Sistema dilúvio). No sistema dilúvio o sprinkler encontra-se permanentemente aberto.

## 4.3. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO À DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA

Em relação ao modo como fazem a distribuição de água sobre a área de incêndio os sprinklers podem ser classificados como:

- Sprinkler de Larga Cobertura - CE (Extended Coverage Sprinkler), este sprinkler também chamado de amplo alcance tem uma capacidade de proteção maior que os restantes, devido ao formato do seu defletor. Comparando-o, por exemplo, com o sprinkler padrão, ela é 70% maior. Estes são indicados para quando se quer diminuir o número de sprinklers automáticos ou para controlar ou extinguir incêndios de determinados graus de risco.
- Sprinkler de gota gorda (Large Drop Sprinkler), este sprinkler é capaz de produzir gotas gordas, ou seja, uma descarga com uma grande densidade de aplicação de água. As gotas gordas têm a função de reduzir a evaporação de água em contato com o calor, fazendo com que uma maior quantidade de líquido atinja o material em chamas.
- Sprinkler de orifício extra grande - ELO (Extra Large Orifice Sprinkler), este sprinkler, tal como o anterior, é capaz de produzir uma descarga com grande densidade de aplicação de água sobre o fogo mas, com necessidade de pressões muito baixas. Este tipo de sprinkler é indicado para controlar ou extinguir focos de incêndio de alto risco em que se

exige uma grande aplicação de água com baixa pressão. Esta última característica citada pode eliminar a necessidade de bombas e seus acessórios, redução de diâmetros da rede e o aumento dos espaçamentos entre sub-ramais.

- Sprinkler antigo/ Convencional (Old Style/ Convencional Sprinkler), é um modelo que se caracteriza por uma projeção de água em que, parte desta, é dirigida para o teto acima do sprinkler e que é instalado com o defletor em pé ou pendente.
- Sprinkler padrão (Spray sprinkler): É um modelo que se caracteriza por toda a sua descarga de água ser projetada para baixo, de forma esférica, abaixo do plano de defletor e dirigido para o foco de incêndio. É o tipo de maior utilização pois pode ser utilizado em todas as classes de risco, todos os tipos de edificações e nos sistemas de canalizações do tipo molhada e seca e no de pré-ação.

#### 4.4. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO À VELOCIDADE DE OPERAÇÃO

##### 4.4.1. ASPETOS GERAIS

Esta grandeza só é possível ser classificada e mensurável, com recurso a um método de medição, desenvolvido pela Factory Mutual (FM). Este método atribui o conceito “Response Time Index” RTI, (Índice de Tempo de Resposta), com recurso a um instrumento de medida chamado “forno de imersão”, é possível avaliar o tempo de resposta do elemento sensível.

O procedimento que envolve esta medição, consiste na colocação do sprinkler para avaliação (em condições ambiente normais), dentro do forno de imersão, onde se faz circular uma corrente de ar a uma temperatura e velocidade constantes. O tempo medido em segundos que o elemento sensível do sprinkler leva para atingir 63 % da temperatura da corrente de ar, é denominado de “fator tau”.

Este fator multiplicado pela raiz quadrada da velocidade do ar fornece o número correspondente ao RTI do sprinkler [26].

$$RTI = \tau \times \sqrt{V} \quad (2)$$

em que:

$\tau$  – “Fator tau”;

$V$  – Velocidade [m/s].

##### 4.4.2. TIPOS DE SPRINKLERS

A norma NFPA 13 [9], quanto à velocidade de operação classifica o sprinkler como:

- Sprinkler de Resposta Rápida (Fast Response): tem um tempo de resposta térmica extremamente rápido que pode chegar a 6x mais rápido do que o sprinkler automático de resposta normal. Possui um elemento sensível com um RTI igual ou inferior a 50 (metros/segundo)<sup>1/2</sup>;
- Sprinkler de Resposta Padrão (Standard Response): possui um elemento sensível com um RTI igual ou superior a 80 (metros/segundo)<sup>1/2</sup>.

#### 4.5. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO À INSTALAÇÃO

Quanto à instalação estes podem assumir seis posições diferentes:

- Ascendente (upright): o sprinkler é instalado numa posição vertical segundo a qual o jato de água é direcionado para cima, contra o defletor. Esta montagem aplica-se em áreas industriais, armazéns e outros espaços onde não exista teto falso, ou ainda, em estantes e no espaço compreendido entre o teto e o teto falso;
- Pendente (pendente): o sprinkler é instalado numa posição vertical segundo a qual o jato de água é direcionado para baixo, contra o defletor. Aplica-se essencialmente sob os tetos falsos;
- De parede / lateral (sidewall): sprinkler com defletor especial desenhado para descarregar a água para longe da parede mais próxima a ele. Tem um formato parecido com um quarto de esfera, sendo que apenas um pequeno volume de água é direcionado para trás do sprinkler (parede);
- Oculto (concealed): embutido e coberto por uma placa, que se solta aquando do seu acionamento;
- Flush: o corpo do sprinkler, ou parte dele, incluindo o canhão roscado, é montado acima do plano inferior do teto;
- Embutido (recessed): o corpo do sprinkler, ou parte dele, exceto o canhão roscado, é montado dentro de um invólucro embutido;

Nas instalações húmidas podem existir sprinklers com todos os tipos de montagem mas, nas instalações secas ou alternadas (secas/ húmidas) a sua montagem é quase sempre ascendente.

Como regra geral, e para além de se respeitarem os critérios de densidade e espaçamento dos sprinklers, a sua localização deve ser de modo a que nem elementos estruturais, nem espaçamentos ou produtos armazenados no espaço coberto pela ação dos sprinklers inviabilizem a projeção de água sobre um eventual foco de incêndio. Se houver alguma obstrução à projeção de água sobre um eventual foco de incêndio, esta implicará a necessidade de instalar sprinklers em planos com cotas diferentes, relativamente ao pavimento do espaço a proteger (figuras 4.4. e 4.5.).

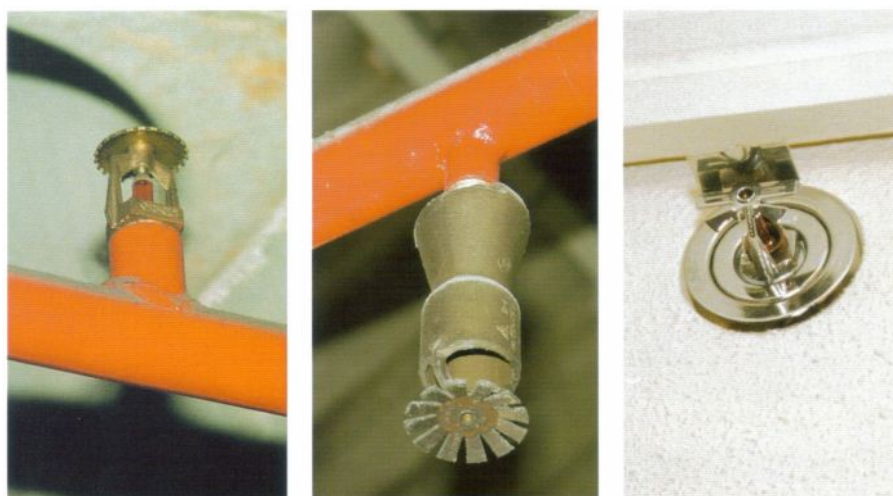


Fig.4.4. – Tipos de montagem de cabeças de sprinklers (ascendente, pendente, parede) [4].



Fig.4.5. – Sprinkler oculto e embutido.

#### 4.6. CLASSIFICAÇÃO DOS SPRINKLERS QUANTO ÀS CONDIÇÕES ESPECIAIS DE USO

Os sprinklers seguintes são utilizados conforme a aplicação ou ambiente especial em que se inserem:

- Sprinkler resistente à corrosão (Corrosion-Resistant Sprinkler): este sprinkler é fabricado com materiais resistentes à corrosão, ou com revestimentos especiais, para ser utilizado em atmosferas agressivas;
- Sprinkler seco (Dry-Sprinkler): sprinkler que está fixado a um bico de extensão que é provido de um selo na extremidade de entrada para permitir que a água entre em seu interior somente em caso de operação do sprinklers;
- Sprinkler ornamental/ decorativo (Ornamental/ Decorative sprinkler): sprinkler pintado ou revestido com camada metálica pelo fabricante.

#### 4.7. CARACTERÍSTICAS GERAIS

##### 4.7.1. CARATERÍSTICAS DE IDENTIFICAÇÃO DE TEMPERATURA DOS SPRINKLERS AUTOMÁTICOS

Os sprinklers devem estar em conformidade com os valores constantes no Quadro 4.2:

Quadro 4.2 – Limites de temperatura, classificação e código de cores de sprinklers automáticos, NFPA 13 [9].

Temperatura máxima registado no teto (°C)	Limites de temperatura (°C)	Classificação da temperatura	Código de cores	Cor do líquido da ampola de vidro
38	55 – 77	Ordinária	Incolor ou preto	Vermelho ou laranja
66	79 – 107	Intermediária	Branco	Amarelo ou verde
107	121 -129	Alta	Azul	Azul
149	163 – 191	Muito Alta	Vermelho	Roxo
191	204 – 246	Extra - Alta	Verde	Preto
246	260 – 302	Altíssima	Laranja	Preto
329	343	Altíssima	Laranja	Preto

Com exceção dos sprinklers decorativos e dos resistentes à corrosão, os sprinklers com dispositivo de detecção sensível à temperatura por fusível de liga metálica, devem ter os seus braços pintados, e os de ampola de vidro devem ter um líquido com uma cor, conforme o Quadro 4.2.

#### 4.7.2. REVESTIMENTOS ESPECIAIS

Os sprinklers resistentes à corrosão devem ser instalados em locais onde haja químicos, humidades, ou outros vapores corrosivos capazes de provocar danos nestes componentes. A aplicação dos revestimentos anticorrosivos é ação exclusiva do fabricante. A menos que indicado por este, o sprinkler não pode ser pintado, e qualquer substituição de um sprinkler só o pode ser, por outro das mesmas características, nomeadamente diâmetro do orifício, temperatura nominal de operação e distribuição de água (defletor). É também apenas da competência do fabricante, executar qualquer acabamento ornamental no sprinklers.

#### 4.7.3. ESPELHOS E PLACAS DE COBERTURA

Têm como finalidade melhorar a aparência das instalações, cobrindo os acessórios expostos de sistemas de sprinklers automáticos que são visíveis, além de tetos e paredes com acabamento (figuras 4.6. e 4.7.).



Fig.4.6. – Espelho [27].



Fig.4.7. – Placas de cobertura [27].

#### 4.7.4. PROTEÇÕES

Os sprinklers devem ser munidos de proteções em locais propícios a danos mecânicos (figura 4.8.).





Fig.4.8. – Proteção de sprinkler contra riscos mecânicos [28].

#### 4.7.5. STOCK /ARMAZENAGEM E IDENTIFICAÇÃO DE SPRINKLERS (SOBRESSELENTES)

Os sprinklers sobresselentes devem ser mantidos em local apropriado para substituição imediata em caso de operação (quebra de ampola/ fusão da liga metálica) ou dano mecânico. Os sprinklers devem ser mantidos em local seguro e correspondentes ao que a instalação faz uso. O local de armazenamento de stock de sprinklers deve ser mantido e garantido de modo a que de forma alguma, a temperatura local exceda os 38 °C.



Fig.4.9. – Stock de sprinklers [29].

Será mantida uma chave de instalação e manutenção de sprinkler própria para a retirada e instalação do(s) sprinkler(s) disponível junto dos mesmos, e de acordo com as suas características (figura 4.9.).

Quanto à identificação dos sprinklers instalados no local deve ser mantido um inventário afixado no armário de stock de sprinklers, contendo os seguintes elementos:

- Número de identificação do sprinkler (SIN), ou do fabricante, modelo, orifício, tipo de defletor, sensibilidade térmica e pressão de serviço;
- Descrição;
- Quantidade de cada tipo a ser armazenado no armário;
- Data de edição ou revisão do inventário.

#### 4.8. APLICAÇÃO DOS TIPOS DE SPRINKLERS

As suas aplicações devem atender os seguintes requisitos:

- Sprinklers verticais de cobertura padrão – permitida a instalação destes sprinklers em todas as classificações de ocupação de risco e tipos de construção.
- Sprinklers de parede de cobertura padrão – ocupações de risco ligeiro com tetos lisos, horizontais, inclinados, e planos; excepcionalmente, poderão ser usados em ocupações de risco ordinário com tetos lisos e planos quando especificamente testados e aprovados para esse fim;
- Sprinklers de larga cobertura - em locais cujos tetos sejam planos, lisos sem obstruções, com uma inclinação máxima de 16,7%; em construção incombustível e desobstruída, quando devidamente indicados para esse uso; dentro de treliças metálicas cujos elementos tenham seção transversal máxima de 25,4 mm, ou que tenham um espaçamento maior que 2,3 m entre si, e que a inclinação do teto não exceda 16,7 %; debaixo de tetos lisos e planos que não tenham uma inclinação que exceda 33,3 %, quando devidamente indicados para esse uso;
- Sprinklers abertos - Podem ser usados nos sistemas do tipo dilúvio, e em locais de risco especial;
- Sprinklers de resposta e supressão rápida (ESFR) - Os sprinklers de resposta e supressão rápida devem ser utilizados em sistemas de tubagem molhada, a menos que especificamente indicados para uso em sistemas secos onde especificamente indicados para tal serviço; devem ser instalados apenas em edifícios com um teto cuja inclinação acima dos sprinklers não exceda 16,7 %; A sua instalação é também permitida em edifícios com construção obstruída e desobstruída atendendo a distâncias e disposições mínimas a cumprir [9].
- Sprinklers de gota gorda - Os sprinklers de gota gorda são de uso permitido em sistemas molhados, secos ou de pré-ação;
- Sprinklers especiais - estes sprinklers devem ser aplicados em situações específicas de risco, que tenham sido devidamente estudadas e avaliadas para o tipo de condições que vão salvaguardar.
- Sprinklers secos - estes, quando ligados a sistemas de tubagem molhada em áreas subordinadas a temperaturas de congelamento, devem ser por isso usados com alcances adequados para evitar o congelamento da água na tubagem.

#### **4.9. REQUISITOS PARA ESPAÇAMENTO, LOCALIZAÇÃO E POSIÇÃO DOS SPRINKLERS**

Os princípios para cumprimento dos requisitos de espaçamento, localização e posição dos sprinklers devem basear-se nas seguintes premissas:

- Os sprinklers devem ser instalados por forma a não exceder a área máxima de proteção por sprinkler;
- O posicionamento dos sprinklers deve ser tal que permita um desempenho satisfatório em relação ao tempo de ativação e distribuição;
- Quando os sprinklers são especificamente testados e os resultados dos testes demonstram que os desvios de requisitos de afastamentos a membros estruturais não prejudicam a capacidade do sprinkler para controlar ou suprimir o fogo, o seu posicionamento e localização são permitidos em conformidade com os resultados do teste.

- Afastamentos entre sprinklers e tetos que excedam os limites especificados na norma NFPA 13 [9] são permitidos, desde que os testes ou cálculos demonstrem sensibilidade e desempenho comparáveis dos sprinklers que já estão instalados em conformidade com a normalização vigente.
- Nos móveis: como armários de guarda-roupa, armários portáteis, caixas de troféus e recursos similares não destinados a ocupação, não é obrigatória a instalação de sprinklers nos mesmos.

#### 4.9.1. REGRAS GERAIS DE ESPAÇAMENTO, LOCALIZAÇÃO E POSIÇÃO DOS SPRINKLERS

Os pontos seguintes não dispensam a consulta da respectiva norma com vista à cobertura de todos os casos e exceções impossíveis de conseguir retratar com clareza neste presente trabalho dada a sua extensão. Foi dada especial atenção aos sprinklers de posicionamento vertical e de parede, e nomeadamente para a dimensão de situações que são necessárias estudar na aplicação ao projeto. De igual modo, não é dispensada a consulta da norma NFPA 13 [9].

Assim, a determinação da área de operação de um sprinkler é efetuada da seguinte forma:

- Ao longo dos sub-ramais: determinar a distância entre sprinklers (ou até à parede ou obstrução no último sprinkler no sub-ramal) a montante e a jusante. Escolher a maior de entre as duas dimensões: o dobro da distância até à parede ou obstrução, ou a distância até ao sprinkler seguinte, é definida como S (figura 4.10.).
- Entre sub-ramais: determinar a distância perpendicular até ao sprinkler instalado no sub-ramal adjacente (ou até à parede ou obstrução no caso do último ramal) em cada lado do sub-ramal na qual o sprinkler em questão está posicionado. Escolher a maior de entre as duas dimensões: o dobro da distância até à parede ou obstrução, ou a distância até ao próximo sprinkler. Esta é definida como D (figura 4.10.).

A área de proteção do sprinkler fica calculada pelo produto da dimensão S pela dimensão D:

$$A_s = S \times D \quad (3)$$

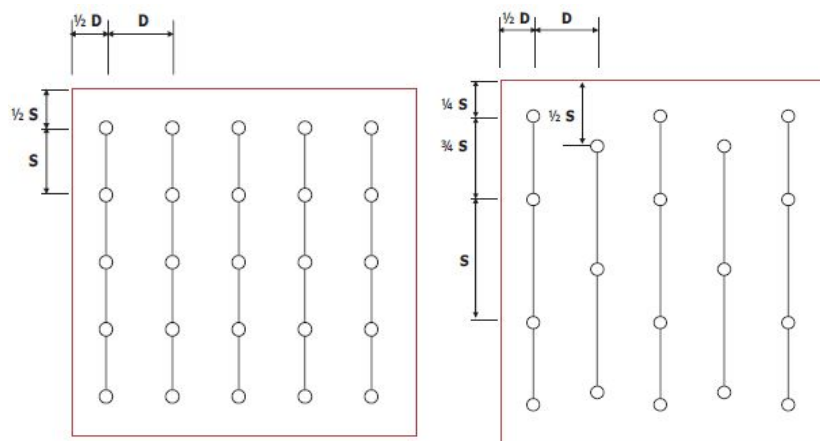


Fig.4.10. – Cálculo de área de operação de sprinkler com espaçamento normal (esquerda) e com espaçamento intercalado (direita) [30].

A área máxima de operação por qualquer sprinkler não deve exceder os 36 m<sup>2</sup>.

A distância máxima entre sprinklers deve ser baseada nos seguintes 3 pressupostos: a distância máxima permitida entre sprinklers deve basear-se na distância entre sprinklers no mesmo sub-ramal ou em sub-ramais adjacentes; a distância máxima deve ser medida ao longo da inclinação do teto; a distância máxima permitida entre sprinklers deve estar de acordo com o valor indicado para cada tipo e estilo de sprinkler.

A distância máxima dos sprinklers às paredes não deve exceder metade da distância máxima permitida entre sprinklers. A distância da parede ao sprinkler deve ser medida perpendicularmente à parede. A distância mínima dos sprinklers às paredes deve estar de acordo com o valor indicado para cada tipo e estilo de sprinklers. A distância da parede aos sprinklers deve ser medida perpendicularmente à parede.

#### 4.9.2. POSIÇÃO E ORIENTAÇÃO DO DEFLETOR

O posicionamento dos defletores dos sprinklers em relação ao teto deve ser escolhido com base no tipo de sprinkler e tipo de construção. Devem também ser alinhados paralelamente a tetos, telhados ou à inclinação de escadas. Tendo em atenção as obstruções à descarga dos sprinklers, estes devem ser localizados tendo em conta a anulação das obstruções à descarga de água, ou será necessário adicionar sprinklers para assegurar a proteção da área de risco (figura 4.11.).

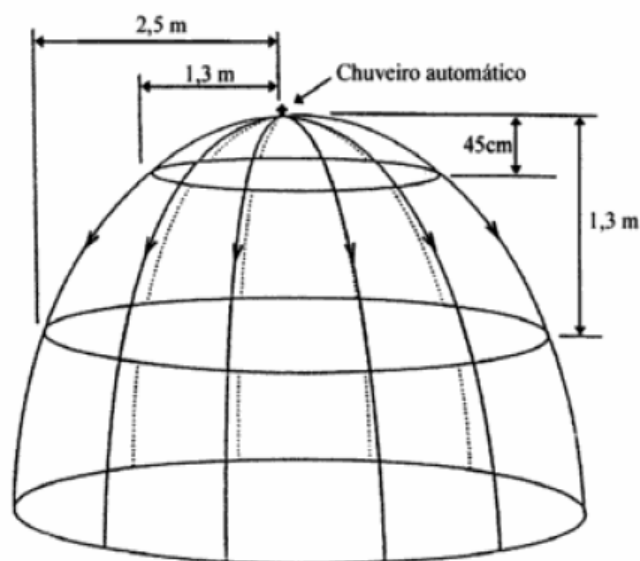


Fig.4.11. – Modelo de distribuição de água de um sprinkler automático do tipo padrão [31].

#### 4.10. SPRINKLERS VERTICAIS (ASCENDENTE E PENDENTE) DE COBERTURA PADRÃO

O cálculo da área de operação por sprinkler deve cumprir os seguintes pressupostos [9]:

- A determinação da área de operação por sprinklers é calculada de acordo com os critérios explicitados no ponto 4.9.1.1;
- As áreas máximas de operação devem estar de acordo nas tabelas seguintes, em função da classificação de risco a que área a proteger se insere (Quadros 4.3, 4.4 e 4.5). Em momento algum, a máxima área de operação de um sprinkler, poderá exceder 21 m<sup>2</sup>.

Quadro 4.3 – Áreas de operação e espaçamento máximo para risco ligeiro [9].

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de operação	Espaçamento máximo
		(m <sup>2</sup> )	(m)
Incombustível com obstrução; e combustível e desobstruído; desobstruído com elementos estruturais a uma distância de 0,91 m ou mais	Tabela	18,6	4,6
	Cálculo hidráulico	20,9	4,6
Combustível com obstrução com elementos estruturais a uma distância de 0,91 m ou mais	Tabela e cálculo hidráulico	15,6	4,6
Combustível com obstrução ou desobstruído com elementos estruturais a uma distância inferior de 0,91 m	Tabela e cálculo hidráulico	12,1	4,6
Espaço escondido combustível sob telhado inclinado, com elementos estruturais a uma distância de 0,91 m entre si, com inclinações de 18° ou mais	Tabela e cálculo hidráulico	11,1	4,6 paralelo ao telhado; 3,5 perpendicular ao telhado*

\*Consultar norma.

Quadro 4.4 – Áreas de operação e espaçamento máximo para risco ordinário [9].

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de operação	Espaçamento máximo
		(m <sup>2</sup> )	(m)
Todos	Tabela e cálculo hidráulico	12,1	4,6

Quadro 4.5 – Áreas de operação e espaçamento máximo para risco grave [9].

Tipo de teto	Método de cálculo	Área de operação	Espaçamento máximo
		(m <sup>2</sup> )	(m)
Todos	Tabela	8,4	3,7
Todos	Cálculo hidráulico com densidade $\geq 0,25$	9,3	3,7
Todos	Cálculo hidráulico com densidade $< 0,25$	12,1	4,6

A distância máxima entre sprinklers deve cumprir os espaçamentos máximos constantes nos Quadros 4.3, 4.4 e 4.5.

A distância do sprinkler à parede não deve exceder metade da distância permitida entre sprinklers, conforme indicado nos Quadros 4.3, 4.4 e 4.5. Esta distância deve ser medida perpendicularmente à parede.

Em casos em que as paredes formem ângulos ou sejam irregulares, a distância máxima horizontal entre um sprinkler e qualquer ponto do piso protegido por aquele sprinkler não deve exceder  $\frac{3}{4}$  da distância máxima permitida entre sprinklers, desde que a distância máxima na perpendicular não seja excedida (figura 4.12.).

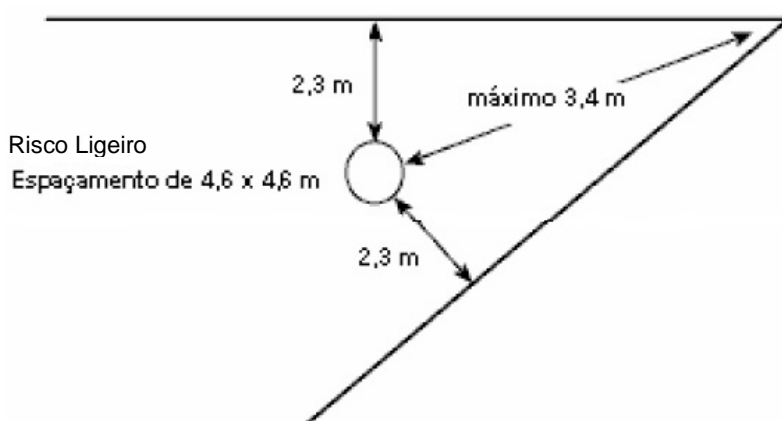


Fig.4.12. – Distância máxima às paredes [9].

Em pequenas salas, os sprinklers podem ser posicionados até 2,7 m de qualquer parede. Não dispensa o cumprimento das limitações de espaçamento definidas nos pontos anteriores.

Sob superfícies curvas, a distância horizontal deve ser medida no piso, a partir da parede ou interseção da superfície curva com o piso até ao sprinkler mais próximo, não devendo esta distância ser maior que metade da distância permitida entre sprinklers.

A distância mínima de um sprinkler à parede deve ser de 102 mm.

A distância mínima entre sprinklers deve ser de 1,8 m, medidos em relação aos seus centros.

#### 4.10.1. POSIÇÃO DO DEFLETOR

Sob tetos sem obstruções, a distância entre o defletor do sprinkler e o teto deve ser no mínimo de 25,4 mm e no máximo de 305 mm.

Não devem ser cumpridas as indicações no parágrafo anterior em situações de ocupações de risco ligeiro e ordinário com tetos não combustíveis ou construção combustível limitada. Onde haja um alteração de cota no teto na área de operação do sprinkler criando uma distância maior que 914 mm entre a parte mais alta do teto e ao nível do defletor do sprinkler, um plano vertical no ponto de mudança de cota é tratado como uma parede para efeitos do espaçamento do sprinkler (figura 4.13.). Quando a distância entre o teto superior e o sprinkler for inferior a 914 mm, é permitido que os sprinklers sejam espaçados como se se tratasse de um teto plano.

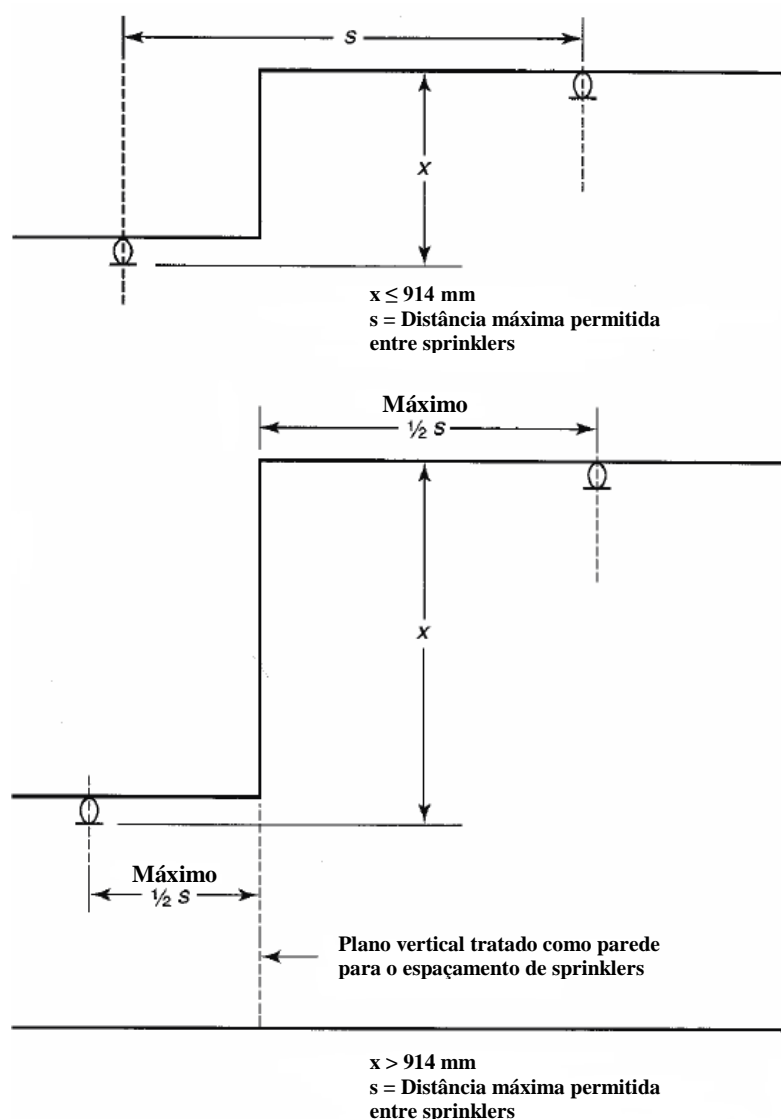


Fig.4.13. – Mudanças verticais em cotas do teto [9].

Sob tetos com obstruções, o defletor do sprinklers deve ser posicionado entre 25,4 mm e 152 mm abaixo da superfície inferior do elemento estrutural, e a no máximo de 559 mm de distância do teto.

O defletor pode ser instalado ao mesmo nível ou acima da superfície inferior do elemento estrutural caso as distâncias laterais recomendadas no Quadro 4.6 sejam respeitadas, e o defletor fique no máximo a 560 mm de distância do teto.

O defletor pode ser instalado entre 25 mm e 300 mm do teto desde que haja um sprinkler em cada vão formado por 2 elementos estruturais.

A distância máxima entre o teto e o defletor de um sprinkler instalado sob ou próximo a uma cumeeira deve ser de 914 mm, medida perpendicularmente, figuras 4.14 e 4.15.

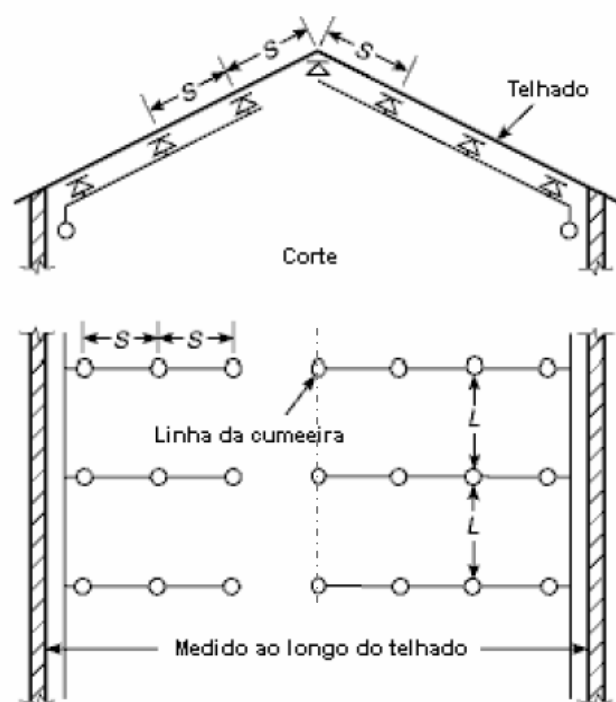


Fig.4.14. – Sprinklers sob telhados inclinados com o sprinkler diretamente sob a cumeeira; Sub-ramais acompanham a inclinação do telhado [9].

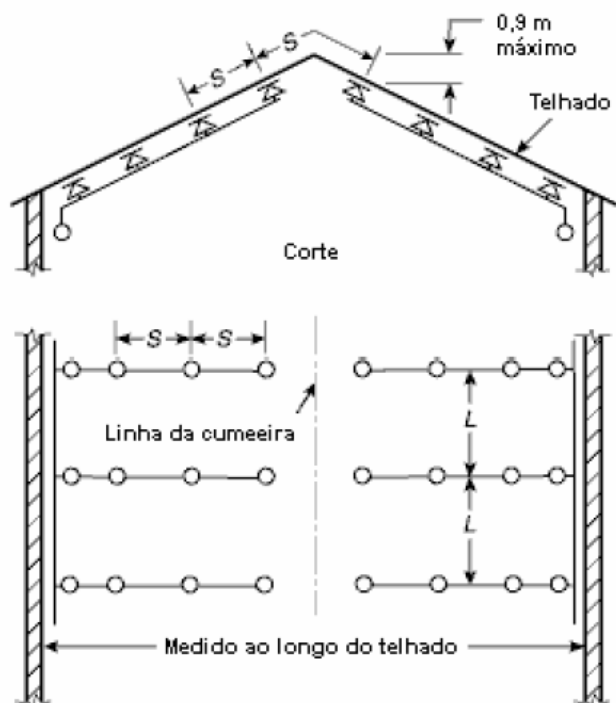


Fig.4.15. – Sprinklers sob telhados inclinados; Sub-ramais acompanham a inclinação do telhado [9].



Sob telhados do tipo telheiro, os sprinklers no ponto mais elevado não devem exceder a distância de 914 mm medidos ao longo do telhado, com origem na cumeeira.

Quando o telhado for muito inclinado, a distância entre os defletores e a cumeeira pode ser aumentada para manter a distância livre horizontal mínima de 610 mm de outros elementos estruturais (figura 4.16.).

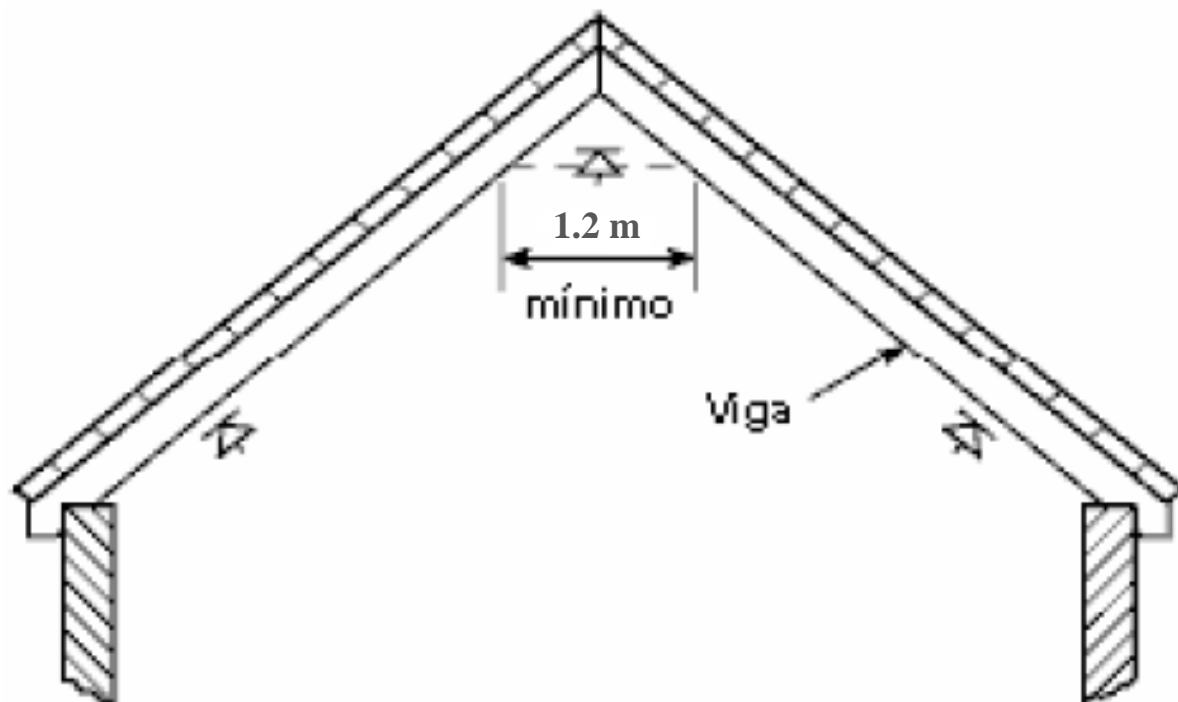


Fig.4.16. – Distância livre horizontal para sprinklers na cumeeira de telhados inclinados [9].

#### 4.10.2. ORIENTAÇÃO DO DEFLETOR

Os defletores devem estar alinhados paralelamente a tetos, telhados ou à inclinação de escadas. Quando instalados sob a cumeeira, o defletor do sprinklers deve estar na posição horizontal.

Telhados com obstruções que não excedam 16,7 % são considerados planos para aplicação desta regra, e os sprinklers podem instalados com os defletores na posição horizontal.

#### 4.10.3. OBSTRUÇÕES À DESCARGA DOS SPRINKLERS

Estes devem ser posicionados de acordo com os valores do Quadro 4.6, e de acordo com a figura 4.17.

Os sprinklers podem ser instalados em lados opostos de obstruções menores que 1,2 m de largura, desde que a distância entre o eixo longitudinal da obstrução e os sprinklers, não exceda metade da distância máxima permitida entre sprinklers.

Quadro 4.6 – Posicionamentos de sprinklers a evitar obstruções de descarga [9].

Distância dos sprinklers à lateral da obstrução (A)	Altura máxima do defletor acima da parte inferior da obstrução (B)
(mm)	(mm)
< 305	0
= 304,8 e < 457,2	63,5
= 457,2 e < 609,6	88,9
609,6 e < 762	139,7
762 e < 914,4	190,5
914,4 e < 1066,8	241,3
1066,8 e < 1219,4	304,8
1219,4 e < 1371,8	355,6
1371,8 e < 1524	419,1
1524 e < 1676,4	457,2
1676,4 e < 1828,8	508
1828,8 e < 1981,2	609,6
1981,2 e < 2133,6	762
2133,6 e < 2286	889

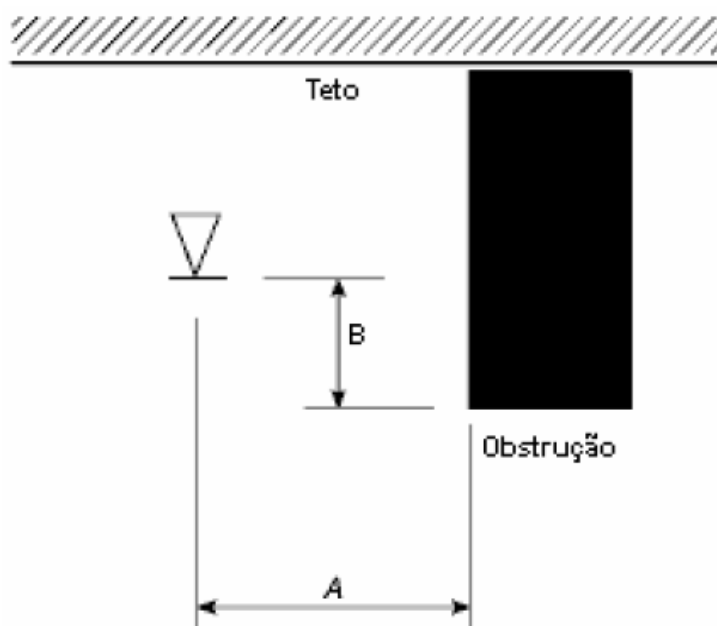


Fig.4.17. – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções à descarga [9].

Obstruções contínuas ou descontínuas localizadas a 460 mm ou menos abaixo do defletor, que evitem a formação completa da descarga em formato de guarda-chuva, devem obedecer às indicações do Quadro 4.6 e da figura 4.17.

Os sprinklers devem ser posicionados a uma distância (A), três vezes maior do que a maior dimensão da obstrução (C ou D), desde que não cumpra o Quadro 4.6, figura 4.18.

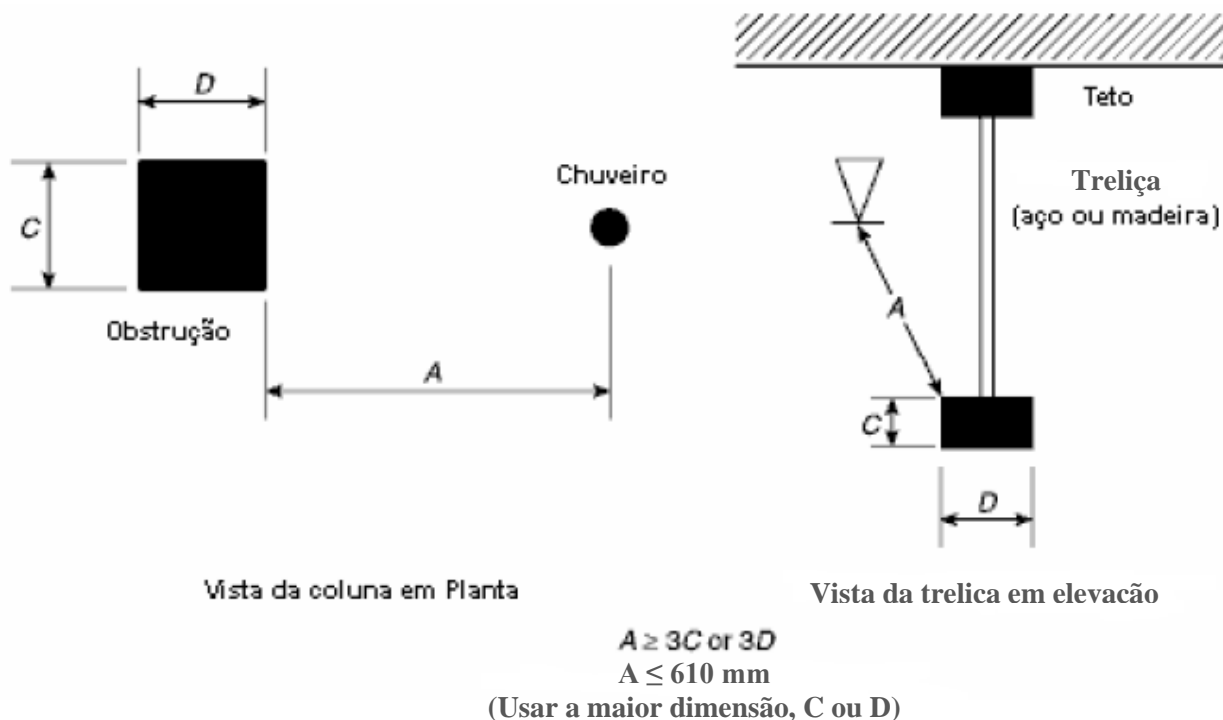


Fig.4.18. – Distância mínima a uma obstrução [9].

Em ocupações de risco ligeiro e ordinário, somente devem ser consideradas as obstruções devido a elementos estruturais.

Os sprinklers podem ser instalados em lados opostos da obstrução desde que a distância do eixo central da obstrução até aos sprinklers não exceda metade da distância permitida entre sprinklers.

Quando a obstrução for causada por treliças com espaçamento entre si de 0,50 m ou mais, os sprinklers podem ser localizados à metade da distância entre a obstrução criada pela treliça, desde que todos os seus elementos tenham largura nominal maior que 100 mm.

Os sprinklers podem ser instalados diretamente acima do banzo inferior da treliça, ou ainda diretamente acima de uma viga, desde que a largura desses elementos estruturais não ultrapasse 200 mm e o defletor do sprinklers esteja no mínimo a 150 mm acima desses elementos.

#### 4.10.4. OBSTRUÇÕES VERTICAIS SUSPENSAS OU SOBRE O PISO

A distância entre sprinklers e obstruções, tais como divisórias em áreas de risco ligeiro, deve atender ao Quadro 4.7 e à figura 4.19.

Quadro 4.7 – Obstruções suspensas ou sobre o piso [9].

Distância horizontal (A)	Distância vertical mínima abaixo do defletor (B)
(mm)	(mm)
152,4 ou menos	76,2
>152,4 e < 228,6	101,6
>228,6 e < 304,8	152,4
>304,8 e < 381	203,2
>381 e < 457,2	241,3
>457,2 e < 609,6	317,5
>609,6 e < 762	393,7
>762	457,2

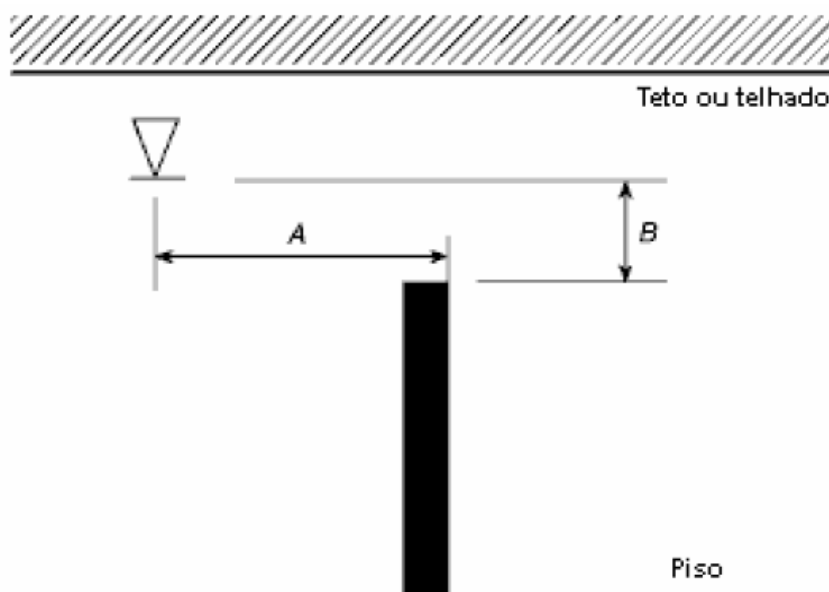


Fig.4.19. – Obstruções suspensas ou sobre o piso [9].

#### 4.10.5. OBSTRUÇÕES QUE IMPEDEM QUE A DESCARGA DO SPRINKLER ATINJA O FOCO DE INCÊNDIO

Este item deve ser atendido quando houver obstruções contínuas ou descontínuas que interrompam a descarga de água num plano horizontal localizado a mais de 460 mm abaixo do defletor do sprinkler, impedindo que a água atinja o risco a ser protegido. Em riscos ligeiros e ordinários, as exigências devem ser aplicadas para obstruções localizadas a 460 mm ou menos abaixo do sprinkler.

#### 4.11. SPRINKLERS DE PAREDE DE COBERTURA PADRÃO

A determinação da área de operação de cada sprinkler pode ser determinada da seguinte forma:

- Ao longo da parede. Determinar a distância entre sprinklers ao longo da parede (ou até à parede, no caso do último sprinkler no sub-ramal) a montante e a jusante. Escolher a maior de entre as duas dimensões: o dobro da distância até à parede final ou a distância até ao próximo sprinklers. Esta dimensão é definida como S.
- De um lado ou outro da divisão. Determinar a distância do sprinkler à parede oposta ao sprinkler ou até ao ponto médio da divisão, quando houver sprinklers em duas paredes opostas. Esta dimensão fica definida como L.

A área de operação do sprinkler fica assim definida como o produto de S por L.

A máxima área de operação permitida por sprinkler ( $A_s$ ) deve estar de acordo com os valores indicados no Quadro 4.8. A área máxima de operação nunca deverá exceder 18,2 m<sup>2</sup>.

Quadro 4.8 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].

	Risco ligeiro		Risco ordinário	
	Acabamento combustível	Acabamento incombustível ou combustibilidade limitada	Acabamento combustível	Acabamento incombustível ou de combustibilidade limitada
Distância máxima ao longo da parede em metros (S)	4,3	4,3	3	3
Largura máxima da divisão em metros (L)	3,7	4,3	3	3
Área máxima de proteção (m <sup>2</sup> )	11,2	18,2	7,4	9,3

A distância máxima permitida entre sprinklers deve ser medida ao longo do sub-ramal, acompanhando a sua inclinação, se houver.

Devem ser instalados ao longo de uma única parede de acordo com os valores máximos de espaçamento indicados no Quadro 4.8.

A distância máxima entre um sprinkler na extremidade do sub-ramal e a parede perpendicular à parede do sub-ramal deve ser metade da distância permitida entre sprinklers conforme indicado no Quadro 4.8. A distância deve ser medida perpendicularmente à parede.

A distância mínima entre um sprinkler na extremidade do sub-ramal e a parede perpendicular à parede do sub-ramal deve ser de 102 mm. A distância deve ser medida perpendicularmente à parede.

A distância mínima entre sprinklers deve ser de 1,8 m.

#### 4.11.1. POSIÇÃO DO DEFLETOR

A distância entre o defletor de um sprinkler de parede e o teto deve ser no máximo de 152 mm e no mínimo de 102 mm. Os defletores de parede devem estar entre 100 e 150 mm das paredes nas quais estão instalados.

#### 4.11.2. ORIENTAÇÃO DO DEFLETOR

Os defletores devem ser alinhados paralelamente a tetos ou telhados. Quando instalados sob um teto inclinado, os sprinklers de parede devem ser localizados no ponto mais alto da inclinação e posicionados para descarregar para baixo, ao longo da inclinação.

#### 4.11.3. OBSTRUÇÕES À DESCARGA DOS SPRINKLERS

O posicionamento dos sprinklers deve ser feito com o objetivo de minimizar obstruções à descarga. Caso não seja possível, devem ser instalados sprinklers adicionais de forma a garantir a cobertura adequada do risco.

Sprinklers de parede devem ser instalados no mínimo a 1,2 m de distância de luminárias ou obstruções semelhantes. As obstruções localizadas a mais de 1,2 m de distância do sprinkler devem estar em conformidade com o Quadro 4.9 e a figura 4.20.

Quadro 4.9 – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções [9].

Distância dos sprinklers de parede à lateral da obstrução (A)	Distância máxima do defletor acima da parte inferior da obstrução (B)
(mm)	(mm)
<1219,2	Não é permitido
1219,2 e < 1524	25,4
1524 e < 1676,4	50,8
1676,4 e < 1828,8	76,2
1828,8 e < 1981,2	101,6
1981,2 e < 2133,6	152,4
2133,6 < 2286	177,8
2286 e < 2438,4	228,6
2438,4 e < 2590,8	279,4
2590,8 ou mais	355,6

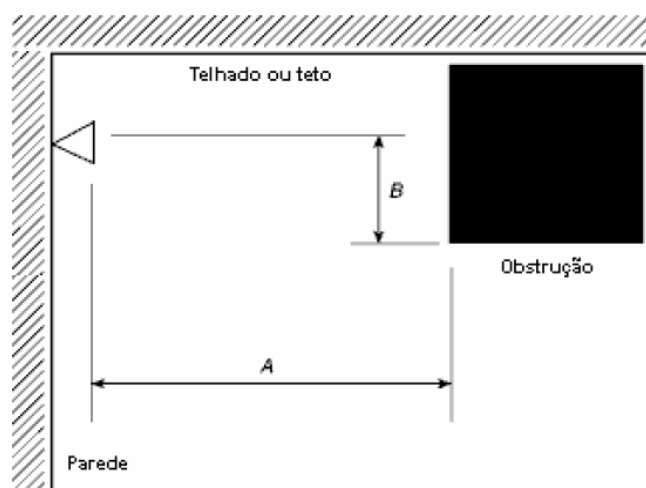


Fig.4.20. – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções [9].

As obstruções na mesma parede onde estão instalados os sprinklers devem estar de acordo com o Quadro 4.10 e a figura 4.21.

Quadro 4.10 – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções ao longo da parede [9].

Distância do sprinkler de parede à lateral da obstrução	Distância máxima permitida do defletor acima da parte inferior da obstrução
(A)	(B)
(mm)	(mm)
<152,4	25,4
152,4 e < 304,8	50,8
304,8 e < 457,2	76,2
457,2 e < 609,6	114,3
609,6 e < 762	146
762 e < 914,4	177,8
914,4 e < 1066,8	203,2
1066,8 e < 1219,2	235
1219,2 e < 1371,6	254
1371,6 e < 1524	292,1
1524 e < 1676,4	323,4
1676,4 e < 1828,8	355,6
1828,8 e < 1981,2	381
1981,2 e < 2133,6	412,75
2133,6 e < 2286	444,5

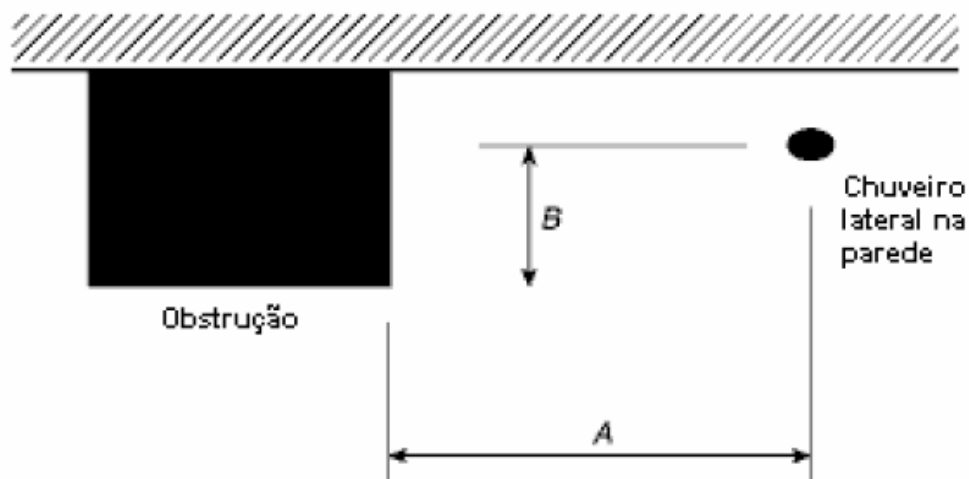


Fig.4.21. – Posicionamento de sprinklers para evitar obstruções ao longo da parede [9].

Os sprinklers devem ser posicionados a uma distância (A), três vezes maior do que a maior dimensão da obstrução C ou D, até ao máximo de 609 mm (por exemplo: vigas, colunas, luminárias). Os sprinklers de parede devem ser posicionados conforme a figura 4.22.

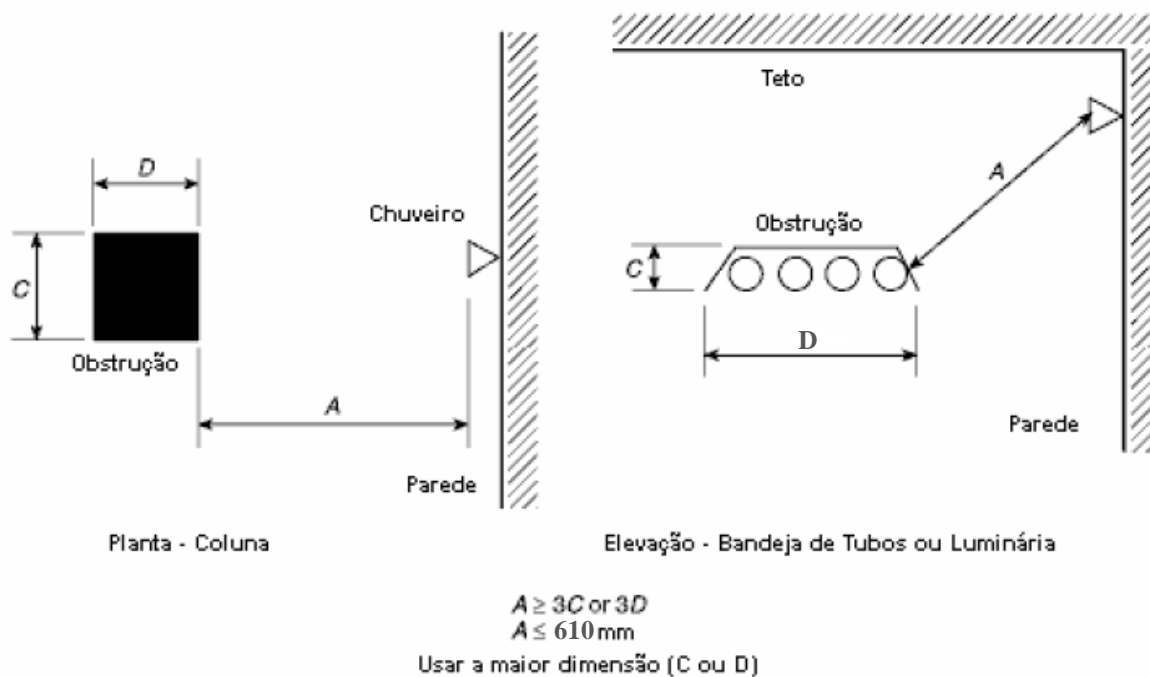


Fig.4.22. – Distância mínima a uma obstrução [9].

#### 4.11.4. OBSTRUÇÕES VERTICAIS SUSPENSAS OU SOBRE O PISO

A distância entre sprinklers e obstruções, tais como, divisórias em áreas de risco ligeiro, deve atender ao Quadro 4.11 e figura 4.23.



Quadro 4.11 – Obstruções suspensas ou sobre o piso [9].

Distância horizontal (A)	Distância vertical mínima abaixo do defletor (B)
(mm)	(mm)
<152,4	76,2
152,4 e < 228,6	101,6
228,6 e < 304,8	152,4
304,8 e < 381	203,2
381 e < 457,2	241,3
457,2 e < 609,6	317,5
609,6 e < 762	393,7
> 762	457,2

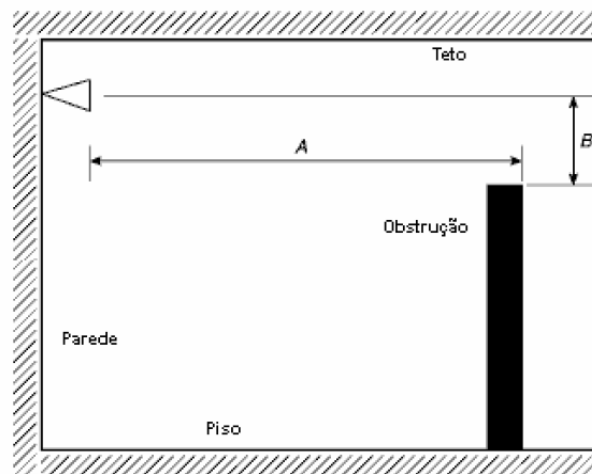


Fig.4.23. – Obstruções suspensas ou sobre o piso [9].

#### 4.11.5. OBSTRUÇÕES QUE IMPEDEM QUE A DESCARGA DO SPRINKLER ATINJA O FOCO DE INCÊNDIO

Este item deve ser atendido quando houver obstruções contínuas ou descontínuas que interrompam a descarga de água num plano horizontal localizado a mais de 460 mm, abaixo do defletor do sprinkler, impedindo que a água atinja o risco a ser protegido. Os sprinklers devem ser instalados sob obstruções fixas com largura superior a 1,2 m, tais como mesas de corte, etc..

#### 4.12. SPRINKLERS VERTICAIS (ASCENDENTE E DESCENDENTE) DE LARGA COBERTURA

As áreas de operação de sprinklers de larga cobertura não devem ser menores do que aquelas recomendadas pelo fabricante. As áreas de operação devem ser quadradas, conforme mostra o Quadro 4.12.

A área máxima de operação permitida para um sprinkler ( $A_s$ ) deve estar de acordo com o valor indicado no Quadro 4.12. A área máxima de operação de qualquer sprinkler não deve exceder  $37,2 \text{ m}^2$ .

A distância máxima entre sprinklers (espaçamento) deve atender ao Quadro 4.12.

Quadro 4.12 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].

Tipo de teto	Risco leve		Risco ordinário		Risco grave	
	Área de operação	Espaçamento	Área de operação	Espaçamento	Área de operação	Espaçamento
	( $\text{m}^2$ )	(m)	( $\text{m}^2$ )	(m)	( $\text{m}^2$ )	(m)
Desobstruído	37,2	6,1	37,2	6,1	-	-
	30,1	5,5	30,1	5,5	-	-
	23,8	4,9	23,8	4,9	-	-
	-	-	18,2	4,3	18,2	4,3
	-	-	13,4	3,7	13,4	4,6
Incombustível e obstruído (quando especificamente testado para este fim)	37,2	6,1	37,2	6,1	-	-
	30,1	5,5	30,1	5,5	-	-
	23,8	4,9	23,8	4,9	-	-
	-	-	18,2	4,3	18,2	-
	-	-	13,4	3,7	13,4	-
Combustível e Obstruído	Não é permitido	Não é permitido	Não é permitido	Não é permitido	Não é permitido	Não é permitido

A distância dos sprinklers às paredes não deve exceder metade da distância permitida entre sprinklers conforme indicado no Quadro 4.12. A distância da parede ao sprinkler deve ser medida perpendicularmente à parede. Nas situações em que as paredes formem ângulos ou sejam irregulares, a distância máxima horizontal entre um sprinkler e qualquer ponto do piso protegido por aquele sprinkler não deve exceder  $\frac{3}{4}$  da distância máxima permitida entre sprinklers, desde que a distância máxima na perpendicular não seja excedida, figura 4.12.

A distância mínima de um sprinkler a uma parede deve ser de 102 mm.

A distância mínima entre sprinklers deve ser de 2,4 m entre os seus centros.

#### 4.13. SPRINKLERS DE PAREDE DE LARGA COBERTURA

As áreas de operação recomendadas são as constantes no Quadro 4.13. Em caso algum, a área máxima de operação do sprinkler poderá exceder  $37,2 \text{ m}^2$ .

Quadro 4.13 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].

Tipo de teto	Risco ligeiro		Risco ordinário	
	Área de operação	Espaçamento	Área de operação	Espaçamento
	(m <sup>2</sup> )	(m)	(m <sup>2</sup> )	(m)
Desobstruído, liso, plano.	37,2	8,5	37,2	7,3

A máxima distância permitida entre sprinklers (espaçamento) deve ser baseada na medição da distância entre centros de sprinklers do sub-ramal ao longo da parede.

A distância máxima entre um sprinkler na extremidade do sub-ramal e a parede perpendicular à parede do sub-ramal deve ser metade da distância permitida entre sprinklers (espaçamento), conforme indicado no Quadro 4.13.

A distância mínima entre um sprinkler na extremidade do sub-ramal e a parede perpendicular à parede do sub-ramal deve ser de 102 mm. A distância deve ser medida perpendicularmente à parede.

Nenhum sprinkler deve estar instalado dentro da área máxima de proteção de outro sprinkler.

#### 4.14. SPRINKLERS DE GOTA GORDA

As áreas de operação são determinadas em conformidade com o indicado em 4.9.1.1. Em nenhuma situação, a área máxima de operação de um sprinkler deve exceder 12,9 m<sup>2</sup>. A área de proteção mínima permitida para um sprinkler não deverá ser inferior a 7,4 m<sup>2</sup>.

Sob um teto de construção incombustível e desobstruído ou obstruído, assim como sob um teto combustível e desobstruído, a distância entre sprinklers deve ser limitada a não mais que 3,7 m, como mostra o Quadro 4.14. Sob construção combustível obstruída, a máxima distância deve ser limitada a 3 m.

Quadro 4.14 – Áreas de operação e espaçamentos máximos [9].

Tipo de teto	Área de operação	Espaçamento máximo
	(m <sup>2</sup> )	(m)
Incombustível e desobstruído	12,1	3,7
Incombustível e obstruído	12,1	3,7
Combustível e desobstruído	12,1	3,7
Combustível e obstruído	9,3	3,1

A distância dos sprinklers às paredes não deve exceder metade do valor das distâncias permitidas entre sprinklers como indicado no Quadro 4.14.

Os sprinklers devem ser localizados a um mínimo de 102 mm da parede.

Os sprinklers devem ser espaçados não menos que 2.4 m.

#### 4.15. SPRINKLERS DE RESPOSTA E SUPRESSÃO RÁPIDA

As áreas de operação são calculadas em conformidade com o exposto em 4.9.1.1. As áreas máximas admissíveis de proteção por sprinkler devem estar em conformidade com os valores do Quadro 4.15.

A área máxima de operação por qualquer sprinkler não deve exceder  $9,3 \text{ m}^2$ . Excepcionalmente e apenas em situações especiais de desvios limitados provocados por obstruções estruturais, é permitido chegar ao valor de  $10,2 \text{ m}^2$ .

A área mínima de proteção não deve ser inferior a  $6 \text{ m}^2$ .

Em função da altura da armazenagem conforme especificação indicada na presente norma [9].

A distância dos sprinklers às paredes não deve exceder metade das distâncias permitidas entre sprinklers, como indicado no Quadro 4.15.

Quadro 4.15 – Áreas de proteção e espaçamentos máximos [9].

Tipo de teto	Alturas de teto/ telhado até 9,1 m		Alturas de teto/ telhado acima de 9,1 m	
	Área de operação	Espaçamento	Área de operação	Espaçamento
	( $\text{m}^2$ )	(m)	( $\text{m}^2$ )	(m)
Incombustível e desobstruído	9,3	3,7	9,3	3,1
Incombustível e obstruído	9,3	3,7	9,3	3,1
Combustível e desobstruído	9,3	3,7	9,3	3,1
Combustível e obstruído	Não é permitido	Não é permitido	Não é permitido	Não é permitido

Os sprinklers devem estar localizados a um mínimo de 102 mm da parede.

Os sprinklers devem ser espaçados não menos que 2.4 m entre os seus centros.

#### 4.16. SPRINKLERS “IN-RACK”

Não se procedeu ao estudo destes sprinklers dada que a extensão, complexidade e tempo disponível para os incluir nesta dissertação.

#### 4.17 CRITÉRIOS DE PROJETO

##### 4.17.1. AFASTAMENTOS MÁXIMOS E MÍNIMOS DO TETO

Como o ar quente se torna menos denso sobe, a camada de calor ocupa mais rapidamente o espaço junto ao teto. Assim, quanto mais próximo do teto estiver o sprinkler automático, mais rapidamente ele poderá entrar em funcionamento. Daí, a importância do sprinkler automático do teto. A posição final

do sprinkler também depende do material, forma e obstruções do teto e do tipo de sprinkler automático a aplicar.

Quanto aos tetos existem:

Tetos desobstruídos: são aqueles cujas vigas, nervuras ou outro elementos não impedem o fluxo de calor e a distribuição de água, portanto não afetando fisicamente a capacidade de controle ou extinção de incêndio pelos sprinklers. São também considerados desobstruídos todos os tetos onde o espaçamento entre elementos estruturais excede 2,3 m medidos entre eixos.

Tetos horizontais: são aqueles cuja inclinação não seja superior ou igual a 9°.

Tetos inclinados: são os tetos cuja inclinação seja superior a 9°.

Tetos lisos: são os tetos contínuos, sem irregularidades, saliências ou depressões significativas.

Tetos obstruídos: são aqueles cujas vigas, nervuras ou outro elementos impedem o fluxo de calor e a distribuição de água, portanto afetando fisicamente a capacidade de controle ou extinção de incêndio pelos sprinklers.

Tetos planos: são os tetos contínuos em um único plano.

Em tetos inclinados, os sub-ramais com sprinklers automáticos devem ser instalados perpendicular ou paralelamente à cumeeira em toda a sua extensão.

Os defletores dos sprinklers automáticos comuns devem ser posicionados paralelamente à inclinação dos tetos ou telhados, ver figuras 4.14, 4.15 e 4.16. A inclinação de sprinklers debaixo de escadas deve obedecer às mesmas considerações acima explicitadas.

#### 4.17.2. AFASTAMENTOS MÍNIMOS DE OBSTRUÇÕES

As obstruções podem modificar a configuração da descarga e reduzir a área de cobertura dos sprinklers automáticos. Por estes motivos, os sprinklers automáticos, devem ser sempre posicionados de maneira que seja anulada a interferência de obstruções, como sejam: vigas, luminárias, condutas de ar condicionado, divisórias, etc., de modo a não prejudicar a descarga livre e direta da água sobre o fogo.

Se houver áreas não cobertas pela ação dos sprinklers devem ser encontradas soluções para resolver este problema. Se for necessário, acrescentar mais sprinklers, para que se tenha a densidade e a cobertura de água adequada à proteção pretendida. O raio de ação do sprinkler automático varia em função: do afastamento vertical da obstrução ao defletor, com o tipo de sprinkler, e com a pressão da água.

O afastamento vertical mínimo do sprinkler automático às obstruções deve ser projetado para que estas não interfiram no guarda-chuva de descarga (figura 4.11). Por exemplo, o afastamento vertical mínimo do defletor do sprinkler automático do tipo padrão ou cobertura estendida, de qualquer obstrução deve ser cerca de 45 cm. Para outros tipos de sprinklers automáticos, como os de gota gorda e de extinção precoce e resposta rápida, os cuidados devem ser de modo a não permitir a interferência na área de aspersão de água. Também o afastamento lateral mínimo de obstruções localizadas no teto deve ser determinado a partir do afastamento vertical do defletor da face inferior da obstrução, para qualquer classe de risco, utilizando água como agente extintor.



# 5

## DIMENSIONAMENTO

### 5.1. APRESENTAÇÃO DO PROJETO

#### 5.1.1. ASPETOS GERAIS

O projeto a analisar no âmbito desta dissertação corresponde a um edifício de um complexo logístico de armazéns com aproximadamente 55 062 m<sup>2</sup>.

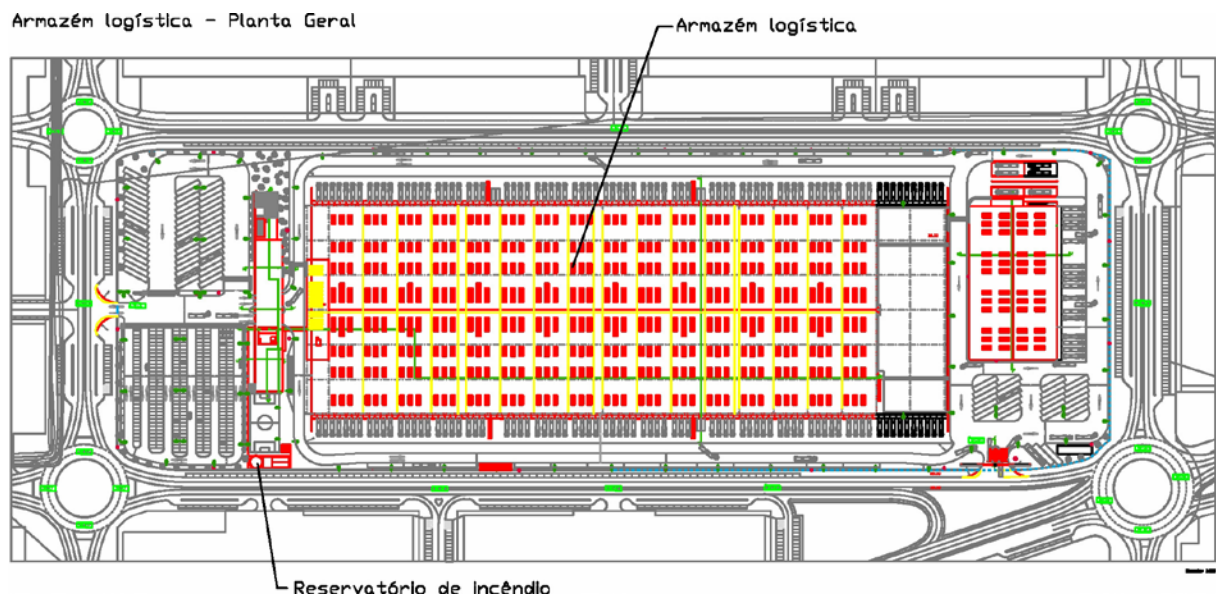


Fig.5.1. – Implantação do edifício a estudar [32].

De acordo com a memória descritiva do projeto, e face às alturas do armazém e armazenagem, o regulamento nacional não pode ser cumprido pelo fato de existirem solicitações mais gravosas na EN 12845 [8], que prevê a instalação de sprinklers ao nível da cobertura e nas estantes.

No entanto, o cliente pretendia que se utilizassem sprinklers apenas ao nível da cobertura, tendo-se optado por utilizar sprinklers do tipo ESFR, que não estão previstos na norma europeia neste momento, mas, prevê-se que a norma será posteriormente revista para os considerar.

Com base nesta situação teve que se recorrer à norma americana, NFPA 13, que prevê e regulamenta a utilização deste tipo de sprinklers. Tendo em conta o tipo de empreendimento prevê-se a implementação de um reservatório de água para combate a incêndio e para consumos não potáveis.

No interior dos armazéns a tubagem será implantada à vista nos espaços correntes.

A rede de rega e lavagem será assegurada por rede independente desde o reservatório de incêndio. Impondo os consumos da rega e lavagem ao reservatório de incêndio garante-se a renovação de água, o que é muito vantajoso do ponto de vista da salubridade de todo o ambiente.

#### 5.1.2. REDES DE EXTINÇÃO AUTOMÁTICA DE INCÊNDIO POR SPRINKLERS

Os armazéns serão equipados com um sistema de extinção automática de incêndios por sprinklers, do tipo húmido, cobrindo todas as áreas.

A alimentação a esta rede será feita desde a cisterna de incêndio por um sistema pressostático conjunto com a rede de incêndio armada.

Dada a área total do armazém principal a proteger e a estudar, de acordo com a NFPA 13, prevê-se a instalação de 17 postos de comando no armazém de logística. A proteção dos armazéns é garantida por 17 redes independentes, cada uma cobrindo uma determinada zona.

Os postos de controlo estão localizados no interior dos armazéns e, em caso de sinistro, cada um emite um sinal de alarme à central de segurança.

Os sprinklers a instalar serão posicionados junto à cobertura do armazém, sendo garantida a sua acessibilidade. A rede de sprinklers terá em cada setor uma válvula de teste e duas purgas localizadas a 2 m de pavimento.

#### 5.1.3. CISTERNA DE ARMAZENAMENTO DE ÁGUA PARA COMBATE A INCÊNDIO

A reserva de incêndio terá valor correspondente a uma autonomia efetiva da rede de incêndio armada pelo período de uma hora, sem reposição. A cisterna terá ainda capacidade para garantir a adução à rede de sprinklers a implantar no armazém de logística e no armazém de acessórios de transporte. A cisterna terá capacidade para 500 m<sup>3</sup> de volume útil.

À cisterna de 500 m<sup>3</sup> junta-se uma outra com um volume de 100 m<sup>3</sup> destinado ao consumo de água não potável (rega, lavagem de pavimentos e arco de lavagem), garantindo a renovação da água aí acumulada.

Todavia, ressalva-se que os 500 m<sup>3</sup> são exclusivos para combate a incêndio, pois a aspiração desta rede será implantada à cota superior, garantindo sempre em qualquer momento que os 500 m<sup>3</sup> de água estão disponíveis para o combate a incêndio.

Este reservatório para armazenamento de água para combate a incêndio será pré-fabricado em aço galvanizado, do tipo Apro industries ou equivalente, com diâmetro de 8,58 m e uma altura de 10,54 m, o que perfaz um volume de 600 m<sup>3</sup>.

O grau de risco de ocupação considerado é “risco grave de armazenamento do 4º Grupo – HHS4”. A distribuição dos sprinklers é feita de modo a cada um cobrir uma área máxima de 9 m<sup>2</sup> (classe de risco grave, tipo IV). O espaçamento máximo entre sprinklers é de 3 m, e a sua localização relativamente a elementos arquitetónicos e estruturais respeita o definido no regulamento.



No dimensionamento do volume a ser armazenado pela cisterna de combate a incêndio, foram considerados os seguintes pressupostos: o tempo de intervenção ou de atuação dos sistemas é de 60 minutos; o sistema automático de extinção de incêndio, quando ativado por ocorrência de incêndio, deve fornecer um caudal não inferior a 540 L/min/sprinkler, durante 60 minutos, com funcionamento simultâneo de 12 sprinklers; à RIA (Rede de Incêndios Armada) deve ser garantido um caudal de 946 L/min pelo mesmo período de funcionamento do sistema de sprinklers [9].

As redes interiores serão executadas em aço galvanizado. Estas tubagens terão proteção anticorrosiva e pintura de acabamento em cor vermelha normalizada. Todas as tubagens e acessórios a utilizar serão certificados de acordo com normas e especificações em vigor.

Os sprinklers a instalar nos armazéns serão do modelo ESFR 22 (K322) e devem ser montados na posição “pendente” [9]. O sensor térmico deve ter uma temperatura nominal de disparo de 68°C. O líquido da ampola de vidro será vermelho de acordo com especificações geralmente aceites.

## **5.2. DIMENSIONAMENTO DE REDE RAMIFICADA**

### **5.2.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO**

Para o dimensionamento do projeto (figura 5.1.) com base numa rede de estrutura ramificada, foi utilizada uma folha de cálculo Excel concebida pela Associação de Produtores de Tubo e Acessórios (APTA) e subordinada ao tema – “Dimensionamento de Sistema de Extinção Automática (Rede de Sprinklers tipo húmida)”.

A APTA é uma organização que tem como missão a melhoria e incremento da segurança e da qualidade das redes de canalização ao nível do projeto e da instalação. É referência no mercado em que está inserida, sendo elemento fundamental de apoio e formação a empresas de renome no nosso País.

A ela recorrem técnicos que recebem formação básica que lhes permitem trabalhar nos seus projetos com “ferramentas” de cálculo de redes de canalizações de acordo com a legislação vigente.

Foi com base na folha de cálculo desta empresa, e atendendo aos critérios da norma americana NFPA 13, que se procedeu ao dimensionamento da rede ramificada do projeto, que no capítulo seguinte será explanado. No Anexo A1 está disponível todo o procedimento de cálculo e demais fórmulas utilizadas no dimensionamento da rede.

### **5.2.2. ASPETOS GERAIS DE DIMENSIONAMENTO**

Tendo em conta a dimensão das plantas deste projeto, é aconselhável a consulta das plantas fornecidas em ficheiro AUTOCAD, incluídas no CD que acompanha este trabalho. As folhas de cálculo automático do Excel, usadas nos cálculos seguintes encontram-se também disponíveis no mesmo CD.

Para o dimensionamento da área total do armazém de logística foi analisado o setor mais afastado da alimentação, nomeadamente o setor 17, que servirá de base para o dimensionamento dos restantes setores (figuras 5.2., 5.3., 5.4.).

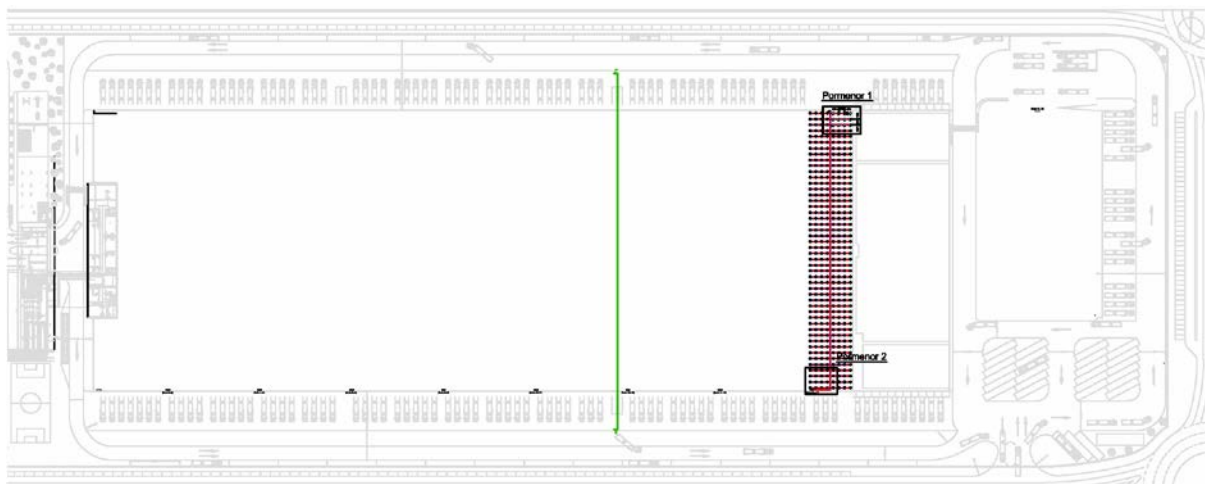


Fig.5.2. – Setor 17 a dimensionar [32].



Fig.5.3. – Corte transversal do armazém de logística [32].

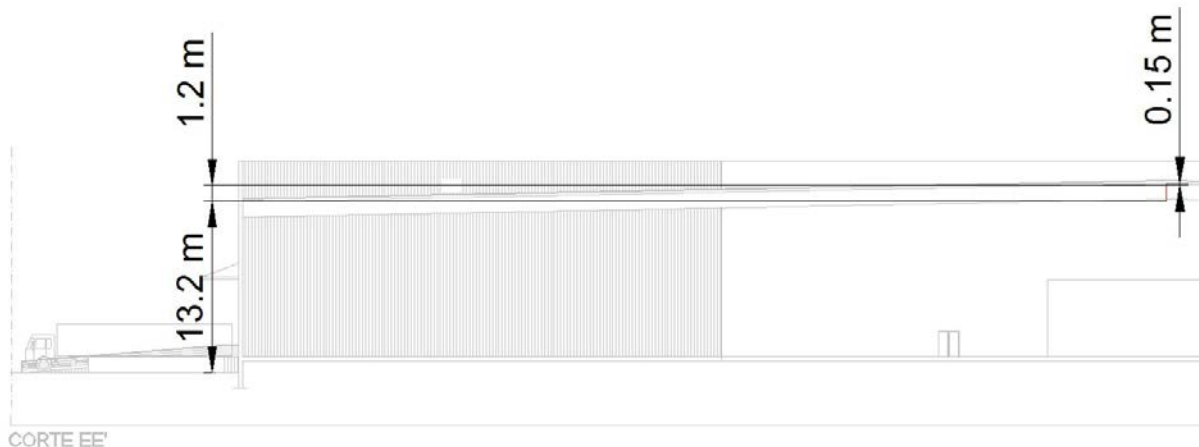


Fig.5.4. – Cotagem altura do armazém [32].

Após o estudo da arquitetura do armazém, de forma a adequar e uniformizar, os espaçamentos das redes e dos sprinklers, abrangendo assim a área uniformemente, foi atribuído um espaçamento entre sprinklers no mesmo sub-ramal de 2.925 m, e entre sub-ramais de 2.96 m que abrange uma área de operação por sprinkler de aproximadamente 8,7 m<sup>2</sup> (figura 5.6.). As distâncias às paredes e a elementos estruturais estão igualmente acautelados e cumprem a regulamentação em vigor. A distância mínima livre que o sprinkler deve estar da cumeeira do teto é também cumprida (152 mm).

O cálculo da rede ramificada para o setor 17 (figura 5.5.) está apresentado no Anexo A2.

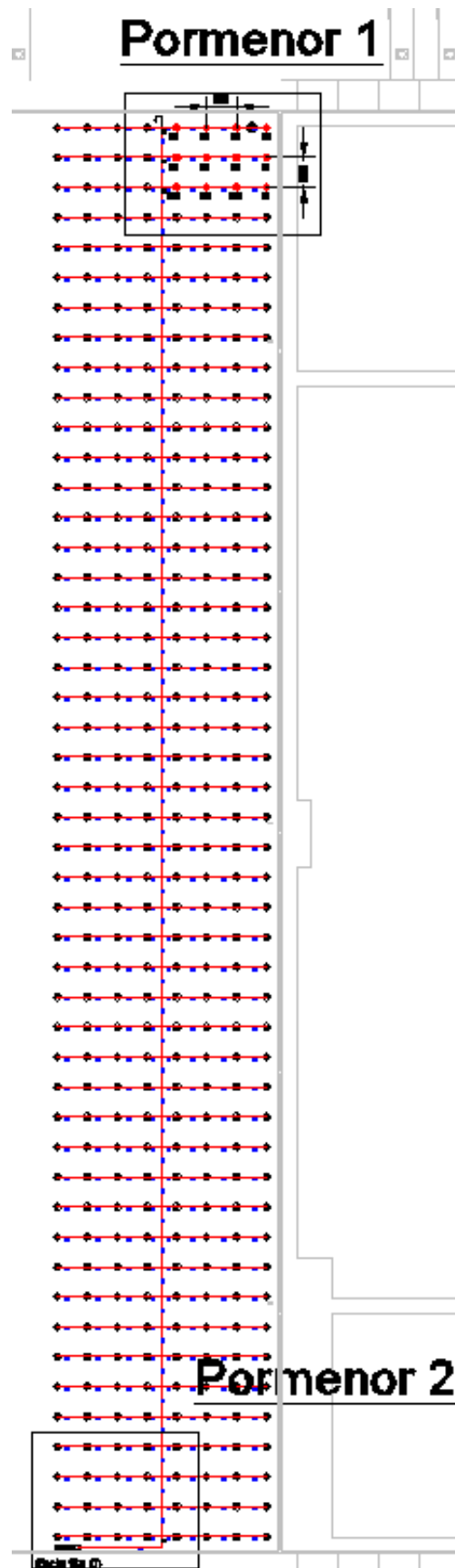


Fig.5.5. – Zoom do setor 17.

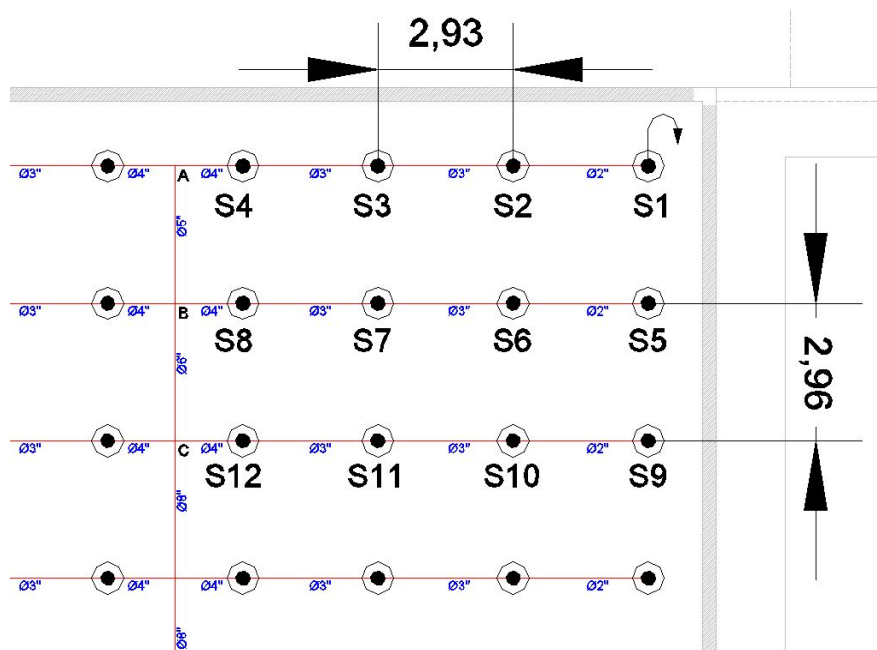


Fig.5.6. – Zoom da área de pormenor 1 (área de operação).

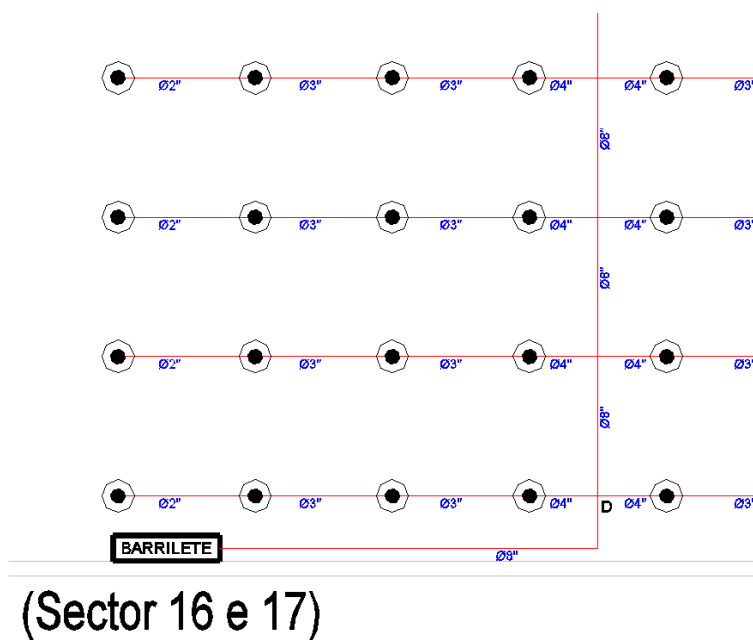
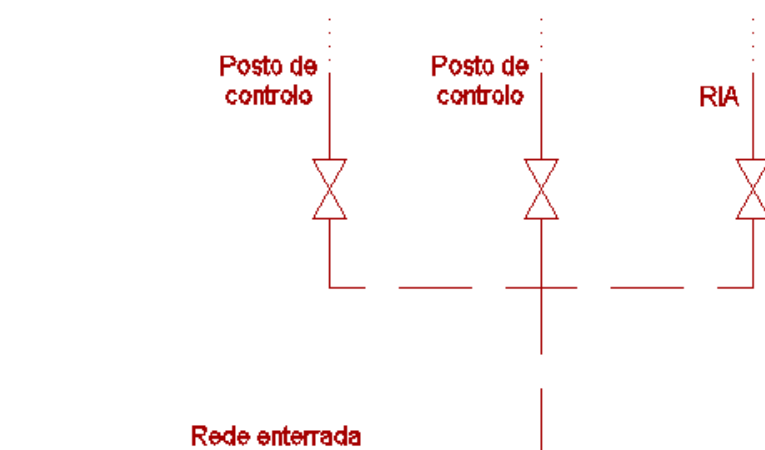


Fig.5.7. – Zoom da área de pormenor 2 (coluna e barrilete).

Os valores obtidos na folha de cálculo da APTA, apenas incluem a rede no interior do armazém até ao barrilete (figuras 5.7. e 5.8.). Como tal, para o cálculo e dimensionamento da bomba e reservatório, é necessário calcular o percurso exterior (até à bomba), que permite a alimentação deste setor (figura 5.9.). Esses elementos são apresentados nos Anexos A2 e A3.



### **Barrilete do armazém de logística (sectores 16 e 17)**

Fig.5.8. – Pormenor do esquema do barrilete [32].

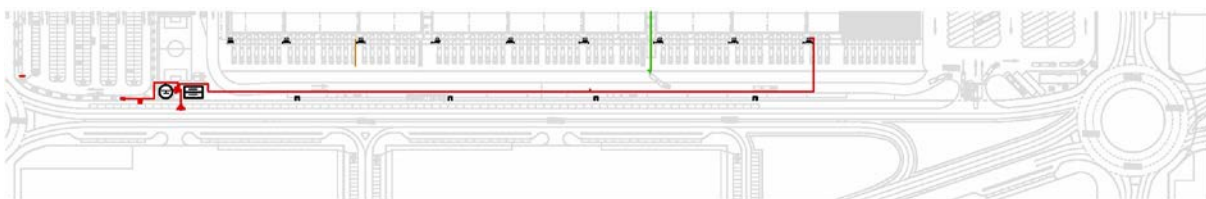


Fig.5.9. – Percurso desde o barrilete até à bomba [32].

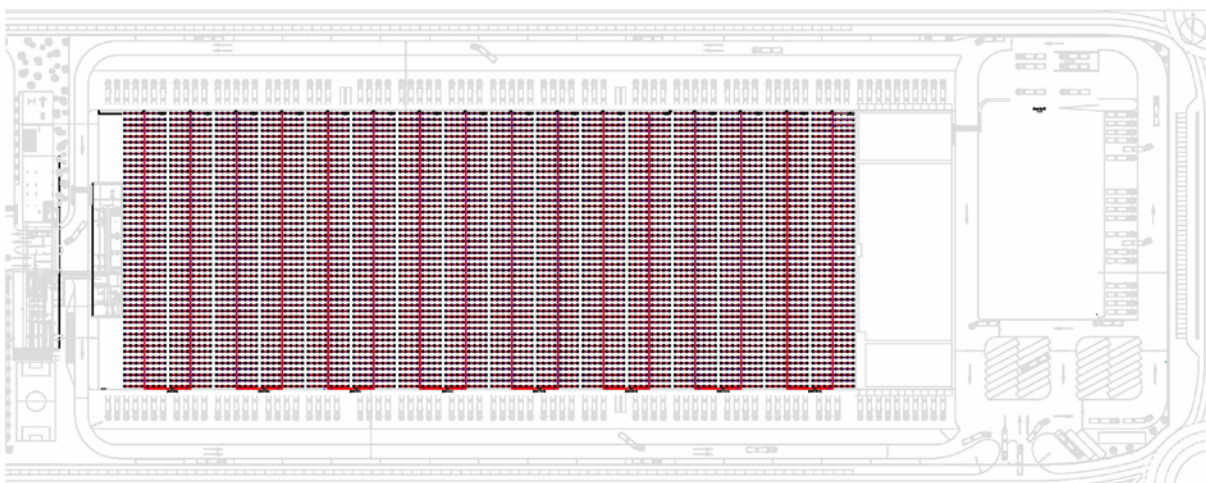


Fig.5.10. – Redes ramificadas dimensionadas para os setores 2 a 17 [32].

Para visualização dos diâmetros finais (figura 5.10.), consultar a folha no anexo A9 ou o CD.

### 5.2.3. DIMENSIONAMENTO DA BOMBA

Para poder escolher uma bomba são necessários 4 parâmetros: O caudal necessário para abastecer a rede, a altura manométrica, o peso volúmico do líquido (água neste caso) e o rendimento da bomba.

Com base nos resultados apresentados no Anexo A3, e sendo o caudal necessário para abastecer a rede ramificada de um total de 7589 L/min, a altura manométrica de 73,3 bar (pressão necessária na bomba para abastecer a rede), e o rendimento da bomba de 65%, a potência é dada pela fórmula:

$$P = \frac{\gamma_{\text{água}} \times Q \times H}{\eta} \quad (4)$$

em que:

P – Potência (kW);

$\gamma_{\text{água}}$  - Peso volúmico da água (kN.m<sup>-3</sup>);

Q- Caudal (m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>);

H – Altura manométrica (m.c.a.);

$\eta$  - Rendimento da bomba, em percentagem (%).

Substituindo obtém-se:

$$P = \frac{9,81 \times 0,126 \times 73,3}{0,65} \approx 139,4 \text{ kW} \quad (5)$$

Deve ser previsto um grupo hidropressor misto, que inclui: motobomba + eletrobomba + jockey, segundo a norma CEPREVEN para os valores de:

- Q = 7589 (6643 + 946) L/min;
- Altura manométrica = 73,3 m.c.a.;
- Potência imediatamente superior a 139,4 kW.

### 5.2.4. VOLUME DO RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO

Para cumprir os requisitos da rede para o tempo mínimo de autonomia sem abastecimento é necessário um reservatório com uma capacidade tal que o volume de água a fornecer ao sistema de sprinklers é de 6643 L/min, e a garantia de fornecimento de água à rede de incêndio armada (RIA) de um caudal de 946 L/min, para um período de tempo de 60 minutos.

$$V_{\text{reservatório}} = \frac{(6643 + 946) \times 60}{1000} \approx 455 m^3 \quad (6)$$

O valor adotado para o dimensionamento do reservatório foi de 500 m<sup>3</sup>. A estes 500 m<sup>3</sup> acresce 100 m<sup>3</sup> (para efeitos de rega e lavagem de pavimentos), o que perfaz um total de 600 m<sup>3</sup>.

### 5.3. DIMENSIONAMENTO DE REDE EMALHADA

#### 5.3.1. DESCRIÇÃO DO MÉTODO DE DIMENSIONAMENTO (MÉTODO HARDY-CROSS)

Uma rede emalhada gera problemas complicados de resolver e requer cálculos iterativos. O procedimento de cálculo utiliza algumas fases do procedimento para a rede ramificada, nomeadamente: definição dos critérios da classe, grupo de risco da instalação, áreas de operação, espaçamentos, débito e pressão mínima de funcionamento, número de sprinklers em funcionamento simultâneo por área de operação e por sub-ramal.

Recorre-se à folha da APTA para o cálculo do caudal do sub-ramal (designação de acordo com procedimento de cálculo da rede ramificada da APTA), isto é, o sub-ramal mais desfavorável (distante e solicitado) em relação à origem de abastecimento da rede emalhada. Obtido o caudal necessário para abastecer o sub-ramal, este consumo é alocado ao nó mais desfavorável do sub-ramal, figura 5.14. A partir deste ponto (de jusante para montante), são “arbitrados” caudais até ao ponto de alimentação.

Os dados base são introduzidos na folha auxiliar de cálculo automático (baseada no método de Hardy-Cross). Esta folha auxiliar de cálculo automático foi desenvolvida no âmbito desta dissertação em VBA (Visual Basic [33]), que permite o cálculo e acerto da rede emalhada com vista à obtenção dos caudais e diâmetros finais da rede. As fórmulas de cálculo de perdas de carga usadas na presente rede emalhada foram: a de Hazen - Williams e de Colebrook - White (fórmula melhorada por Barr de 1975), que merece comentário comparativo no final dos respetivos cálculos (ponto 5.4.1).

De uma forma muito sucinta descrevem-se os procedimentos de cálculo do método Hardy-Cross.

O método Hardy-Cross é um processo que simplifica, sobremaneira, o cálculo de redes emalhadas. Isto porque, uma rede emalhada com “m” malhas e “n” nós, gera um total m+(n+1) equações independentes. À medida que a complexidade da rede aumenta, cresce proporcionalmente o número de equações, tornando-se impraticável uma solução algébrica. Assim, este método permite por aproximações sucessivas, efetuar o equilíbrio da rede, numa sequência de ações até que todas as condições de escoamento sejam satisfeitas, isto é: a soma algébrica das perdas de carga ao longo de cada circuito deve ser nula e a soma algébrica das vazões em cada nó da rede também deve ser nula.

Este método baseia-se nos seguintes passos:

1º passo: definem-se os pontos de consumo começando pelo nó mais desfavorável;

2º passo: conhecida a vazão nesse nó, e “caminhando de jusante para montante” na rede, atribuindo valores de acordo com os consumos nos troços (em direção aos nós) e arbitrando um sentido horário às vazões como positivo, pré dimensiona-se o diâmetro de cada canalização tendo em conta a condição de velocidade limite ou a perda de carga máxima admissível que se queira ter;

3º passo: calcula-se a perda de carga para cada troço da rede;

4º passo: calcula-se o somatório das perdas de carga em todas as malhas;

5º passo ou verificação: se para todas as malhas tivermos um somatório de perdas de carga da malha, inferior ao critério de paragem estabelecido, então a distribuição estabelecida está correta e

equilibrada. Se em pelo menos uma malha, o somatório das perdas de carga da malha for superior ao critério de paragem, deve-se corrigir a distribuição de vazões admitidas, isto é, somando-se algebricamente a cada uma delas um valor corretivo ( $\Delta Q$ ), de modo que as novas vazões em cada troço da rede seja corrigido de acordo com a fórmula (4) abaixo explicitada. Este procedimento é iterativo até que em todas as malhas o somatório da perda de carga dos troços de cada malha seja menor ou igual ao critério de paragem.

$$Q = Q_0 + \Delta Q \quad (7)$$

$$\Delta Q = \frac{-\sum H}{\sum n \times \frac{H}{Q_0}} \quad (8)$$

em que:

$\Delta Q$  – Correção (L/s);

H – Perda de carga no troço (m);

$Q_0$  – Caudal no troço (L/s);

n = 2,00 no caso da fórmula universal;

n = 1,85 no caso da fórmula Hazen – Williams.

Fórmula para determinação da perda de carga unitária de Hazen – Williams:

$$J = 10,643 \times C^{-1,85} \times D^{-4,87} \times Q^{1,85} \quad (9)$$

em que:

J – Perda de carga unitária (m/m);

Q – Caudal no troço (m<sup>3</sup>/s);

C – Constante de rugosidade;

D – Diâmetro (m).

Fórmula para determinação da perda de carga de Colebrook – White (versão melhorada por Barr em 1975):

$$J = \frac{8 \times \lambda \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5} \quad (10)$$

em que:

Q – Caudal (m<sup>3</sup>/s);



$g$  – Aceleração da gravidade ( $\text{m.s}^{-2}$ );

$D$  – Diâmetro (m);

$J$  – Perda de carga unitária (m/m).

Sendo  $\lambda$  dado por:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left( \frac{k}{3,7 \times D} + \frac{5,1286}{\text{Re}^{0,89}} \right) \quad (11)$$

em que:

$\lambda$  - Fator de resistência;

$\text{Re}$  – Número de Reynolds;

$k$  – Rugosidade absoluta (mm);

$D$  – Diâmetro (m).

### 5.3.2. ASPETOS GERAIS DE DIMENSIONAMENTO

Para se proceder ao dimensionamento de uma rede emalhada, é preciso calcular a necessidade de caudal no nó mais afastado e desfavorável da rede, com base no consumo a fornecer aos 4 sprinklers em funcionamento simultâneo nesse sub-ramal, figura 5.14. O setor 17 servirá de base para dimensionamento dos restantes setores (figuras 5.11., 5.12. e 5.13.).

Os procedimentos de cálculos estão apresentados nos Anexo A4, A5 e A6.

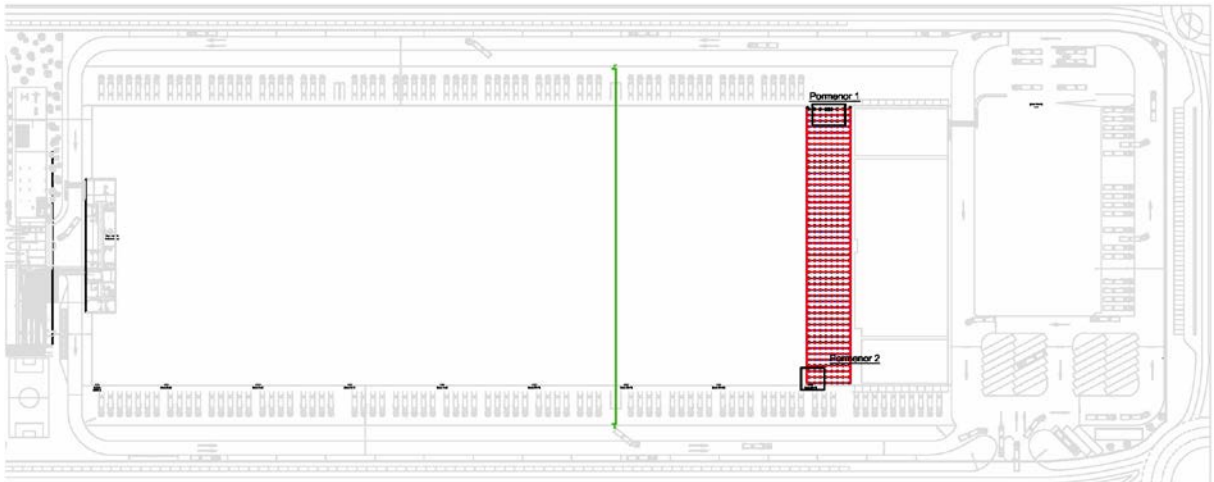


Fig.5.11. – Setor 17 a dimensionar [32].

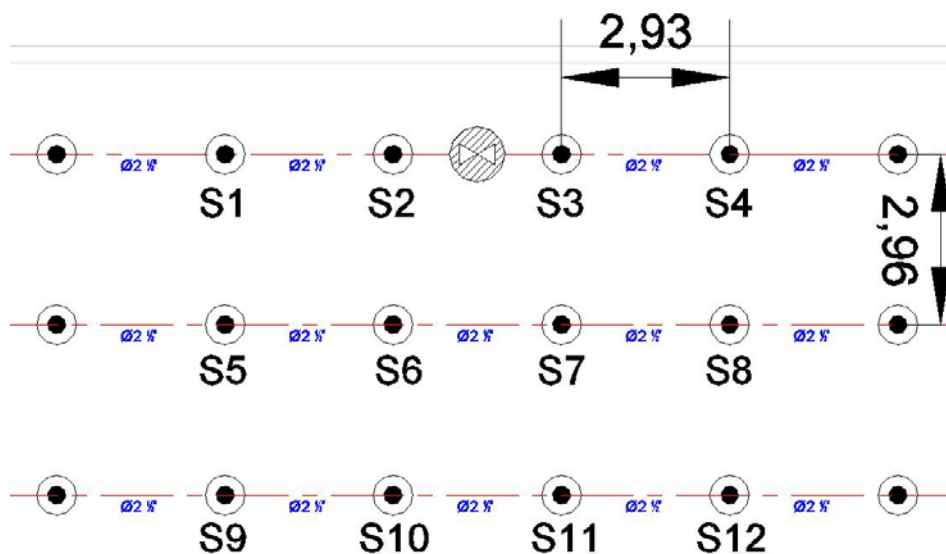


Fig.5.12. – Zoom da área de pormenor 1 (área de operação).

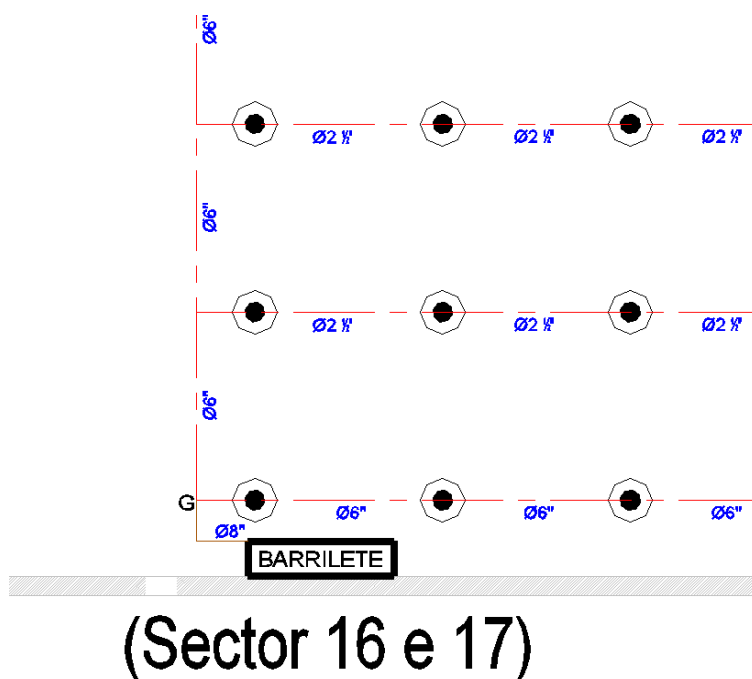


Fig.5.13. – Zoom da área de pormenor 2 (coluna e barrilete).

Na sequência dos cálculos explicitados no anexo A6 (resultados de acerto das malhas), é possível determinar os caudais e diâmetros da rede. A determinação dos caudais e perdas de carga com base na fórmula de Colebrook – White, idêntico processo ao do Hazen – Williams, está apresentada nos anexos A7 e A8.

Estes valores correspondem apenas à malha no interior do armazém sem contar com a coluna de alimentação. Para o cálculo de pressão necessária no ponto mais desfavorável da rede (em relação ao

início do abastecimento da rede), é necessário calcular, as perdas de carga do trajeto mais desfavorável do percurso da água, e adicionar a pressão mínima de funcionamento do sprinkler (2,81 bar).

A pressão mínima necessária no ponto G, será a soma das perdas de carga dos troços no percurso mais desfavorável, aplicada de uma taxa de 30 % para compensação das perdas de carga localizadas na rede (acessórios), mais a pressão mínima de funcionamento do sprinkler mais afastado.

$$Pressão_G = \left( \left( \frac{6,88}{2} \right) + 0,03 + 0,11 + 10,88 + 1,82 \right) \times 1,3 + 28,1 = 49,26 m.c.a. \quad (12)$$

De seguida, é preciso proceder ao cálculo das necessidades de pressão da rede da malha ao barrilete e por conseguinte o trajeto exterior (enterrada) até à bomba. Esse cálculo é apresentado no Anexo A3.

Os valores finais de caudais e diâmetros são apresentados no Anexo A10.

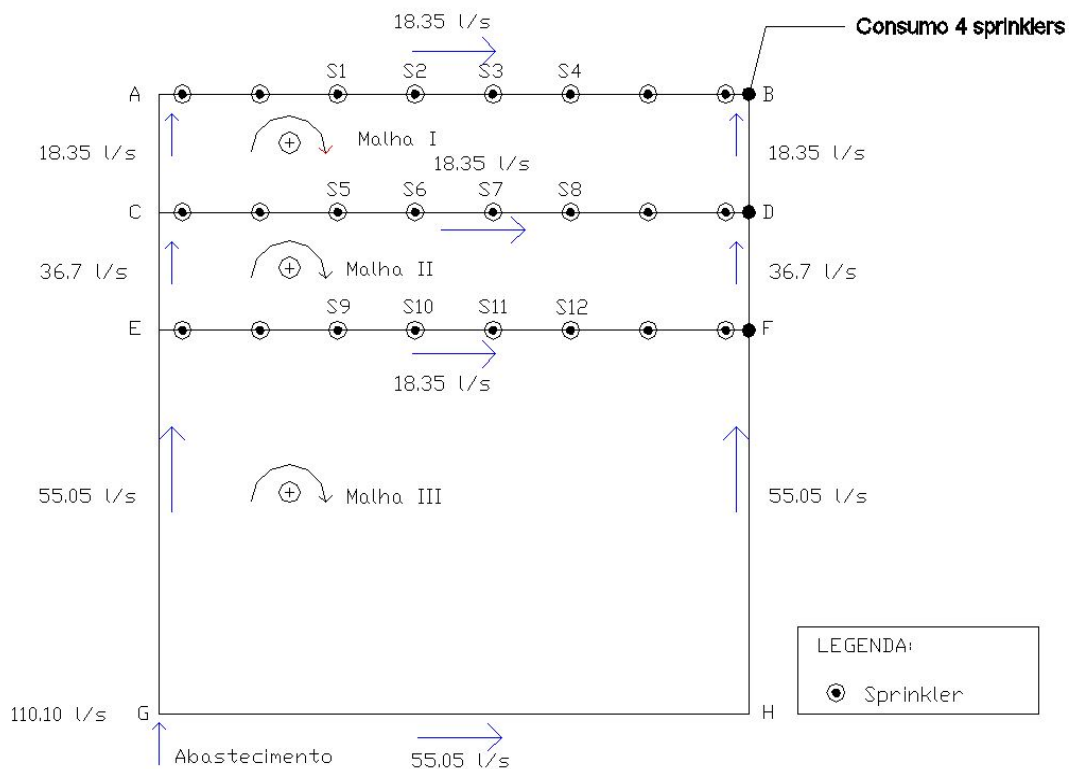


Fig.5.14. – Esquema de dados de entrada na folha de cálculo de redes emalhadas.

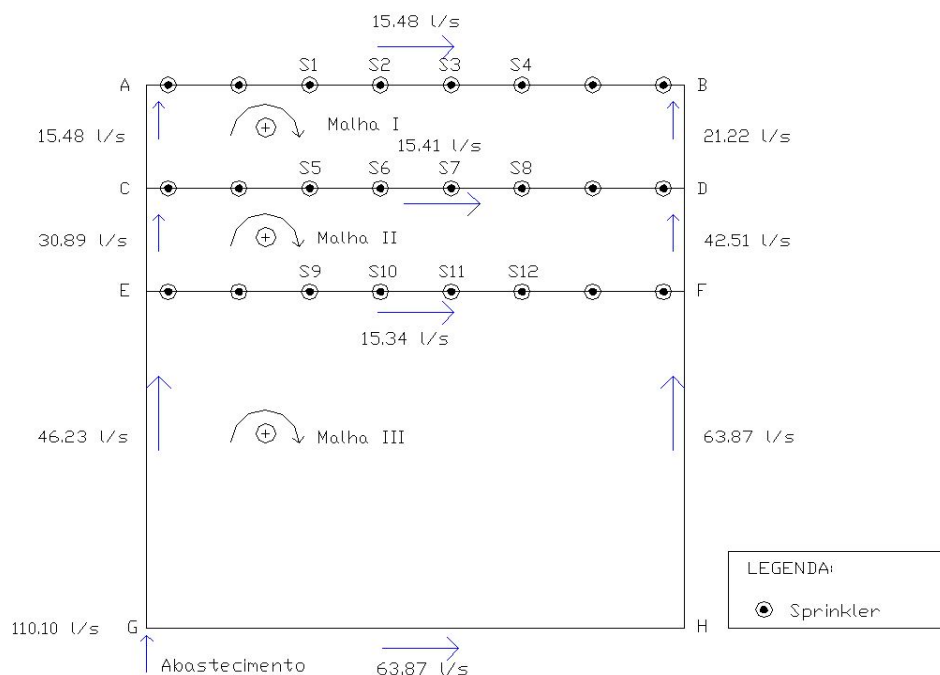


Fig.5.15. – Resultados do acerto das malhas (fórmula de Hazen – williams).

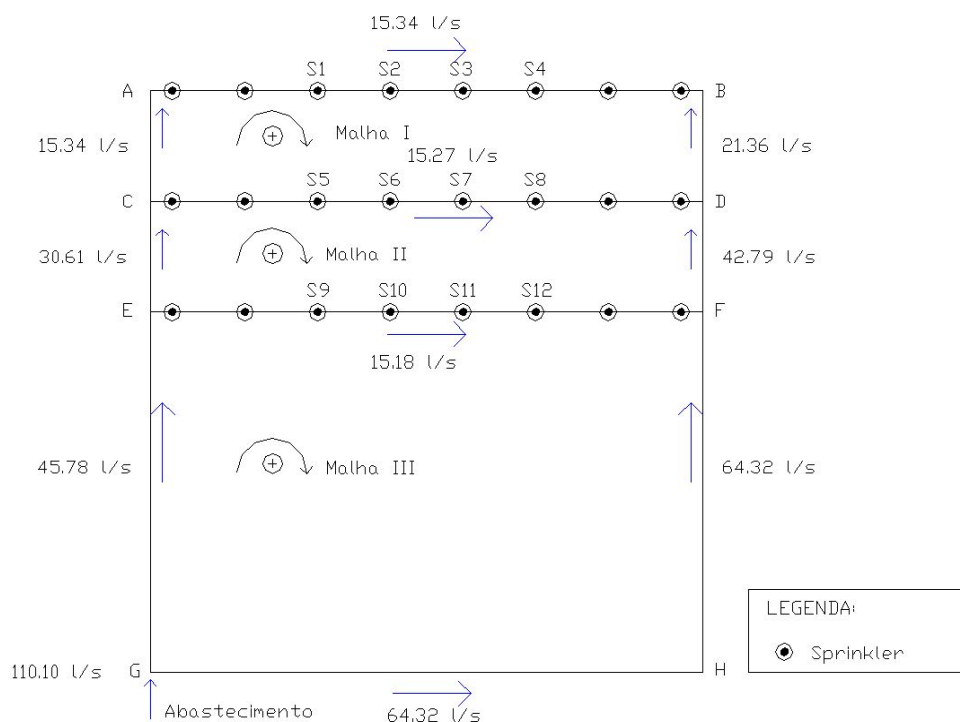


Fig.5.16. – Resultados do acerto das malhas (fórmula de Colebrook - White).

### 5.3.3. COMPARAÇÃO DA FÓRMULA DE HAZEN WILLIAMS VERSUS COLEBROOK-WHITE

Da análise dos resultados acima apresentados (figuras 5.15. e 5.16.), pode-se constatar que as diferenças são residuais, e que é válida opção de usar no cálculo de acerto de vazões na rede, tanto uma como outra (Quadros 5.1, 5.2 e 5.3).

Quadro 5.1 – Resultados da fórmula de Hazen-Williams versus fórmula de Colebrook-White, Malha I.

	Troço	Q (l/s)	U (m/s)	$\Delta H$ (m)
Hazen - Williams	A-B	15,48	4,15	6,88
	B-D	21,22	1,12	0,03
	C-D	15,41	4,13	6,82
	C-A	15,48	0,82	0,02
Colebrook-white	A-B	15,34	4,11	6,90
	B-D	21,36	1,13	0,03
	C-D	15,27	4,10	6,84
	C-A	15,34	0,81	0,01

Quadro 5.2 – Resultados da fórmula de Hazen-Williams versus fórmula de Colebrook-White, Malha II.

	Troço	Q (l/s)	U (m/s)	$\Delta H$ (m)
Hazen - Williams	C-D	15,41	4,13	6,82
	D-F	42,51	2,25	0,11
	E-F	15,34	4,11	6,76
	E-C	30,89	1,64	0,06
Colebrook-white	C-D	15,27	4,10	6,84
	D-F	42,79	2,26	0,10
	E-F	15,18	4,07	6,76
	E-C	30,61	1,62	0,05

Quadro 5.3 – Resultados da fórmula de Hazen-Williams versus fórmula de Colebrook-White, Malha III.

	Troço	Q (l/s)	U (m/s)	$\Delta H$ (m)
Hazen - Williams	E-F	15,34	4,11	6,76
	F-H	63,87	3,38	10,88
	G-H	63,87	3,38	1,82
	G-E	46,23	2,45	5,98
Colebrook-white	E-F	15,18	4,07	6,76
	F-H	64,32	3,40	10,26
	G-H	64,32	3,40	1,72
	G-E	45,78	2,42	5,26

#### 5.3.4. DIMENSIONAMENTO DA BOMBA

Com base nos resultados apresentados no Anexo A3, e sendo o caudal necessário para abastecer a rede emalhada igual a 7552 L/min, a altura manométrica de 7,89 bar, o rendimento da bomba de 65%, a potência necessária será igual a:

$$P = \frac{9,81 \times 0,126 \times 78,9}{0,65} \approx 150,0 kW \quad (13)$$

Deve ser previsto um grupo hidropressor misto, que inclui: motobomba + eletrobomba + jockey, segundo a norma CEPREVEN para os valores de:

- $Q = 7552 (6606 + 946) \text{ L/min}$ ;
- Altura manométrica = 78,9 m.c.a.;
- Potência imediatamente superior a 150,0 kW.

#### 5.3.5. VOLUME DO RESERVATÓRIO DE INCÊNDIO

Para cumprir os requisitos da rede para o tempo mínimo de autonomia sem abastecimento é necessário um reservatório com uma capacidade tal que o volume de água a fornecer ao sistema de sprinklers é de 6606 L/min, e a garantia de fornecimento de água à rede de incêndio armada (RIA) de um caudal de 946 L/min, para um período de tempo de 60 minutos.

$$V_{\text{reservatório}} = \frac{(6606 + 946) \times 60}{1000} \approx 453 m^3 \quad (14)$$

O valor adotado para dimensionamento do reservatório será de 500 m<sup>3</sup>. A estes 500 m<sup>3</sup> são somados 100 m<sup>3</sup> (para efeitos de rega e lavagem de pavimentos), o que perfaz um total de 600 m<sup>3</sup>.

### 5.4. ESTUDO ECONÓMICO

Dimensionadas as redes de sprinklers do tipo ramificada e emalhada, procedeu-se a uma estimativa orçamental das referidas redes, tendo apenas como base o custo das tubagens (acessórios não incluídos) que as compõem.

Assim, realizada a medição em planta da totalidade dos comprimentos de tubagens para cada tipo diâmetro, estes comprimentos são multiplicados pelo respetivo custo unitário, resultando as somas parciais destes produtos, no custo final da respetiva rede em estudo (Quadros 5.4, 5.5 e 5.6).

Quadro 5.4 – Mapa de custos de tubagens - rede ramificada, setor 17.

ID.	Designação Tubos em aço da série média	Descrição	Preço Unit.* (€)	Unidade	Quantidade (m)	Custo (€)
1	DN 50 / 2"	Material	16,20	€/ m	280,8	4.548,96
2	DN 80 / 3"	Material	26,80	€/ m	561,6	15.050,88
3	DN 100 / 4"	Material	42,56	€/ m	140,4	5.975,42
4	DN 125 / 5"	Material	57,54	€/ m	2,96	170,32
5	DN 150 / 6"	Material	68,55	€/ m	2,96	202,91
6	DN 200 / 8"	Material	79,56	€/ m	154,38	12.282,47
					TOTAL	38.230,96

\*Valor com IVA à taxa em vigor

Quadro 5.5 – Mapa de custos de tubagens - rede emalhada, setor 17.

ID.	Designação Tubos em aço da série média	Descrição	Preço Unit.* (€)	Unidade	Quantidade (m)	Custo (€)
1	DN 65 / 2,5"	Material	20,85	€/ m	1047,03	21.830,58
2	DN 150 / 6"	Material	68,55	€/ m	313,46	21.487,68
					TOTAL	43.318,26

\*Valor com IVA à taxa em vigor.

Tabela de preços Tubtec consultar anexo A11.

Quadro 5.6 – Quadro resumo económico.

Setor 17	Custo total* (€)
Rede ramificada	38.230,96
Rede emalhada	43.318,26

Entra apenas em consideração para este valor o custo das tubagens que compõe o interior da rede do setor.





# 6

## CONCLUSÕES

As instalações de sprinklers são comprovadamente meios de extinção automática de incêndio eficazes, e cada vez mais aplicados em Portugal. Todavia, não fosse o relativamente elevado investimento inicial e o custo de manutenção, a sua aplicação seria mais generalizada. Porque atuam rapidamente no foco de incêndio e não necessitam de intervenção humana, são um “instrumento” importante à salvaguarda da vida humana, assim como na vigilância e proteção de espaços de bens materiais e dos prejuízos inerentes da ocorrência do mesmo.

A regulamentação existente no nosso País acerca de sistemas automáticos de extinção de incêndio por água – sprinklers, tolera informação avulsa e necessita de uma melhor coordenação das entidades reguladoras. Identifica-se algum défice de informação nomeadamente na disposição espacial (obstruções) dos sprinklers no espaço a proteger, assim como a acomodação de informação de instalação do sprinkler do tipo ESFR na atual legislação, que vem sendo alvo de exploração e aplicação crescente no nosso País. Só com recurso à norma americana NFPA 13 é possível cobrir essas lacunas e dúvidas de instalação, apesar de ser uma norma de difícil consulta, não só pela complexidade, como pela quantidade de informação para cada situação específica. A existência de várias normas e textos complementares a essas normas que depois aparecem revogadas por outras, para apenas alterar um ou dois artigos faz aumentar a complexidade da consulta. O volume de informação pode conduzir a incongruências, isto é, não só originam problemas de incompatibilidade/choque de critérios como é o caso da NFPA 13 e CEA 4001, para classes de risco diferentes, gerando dúvidas a quem projeta, não contribuindo para o completo esclarecimento das dúvidas, mas sim o de levantar mais incertezas.

Um dos objetivos propostos neste trabalho foi o de elaborar uma folha de cálculo em Excel para auxiliar o dimensionamento de uma rede emalhada de sprinklers a aplicar a um caso real. A verificação a que foi submetido o programa, demonstrou ser útil e fiável.

Tendo em consideração a dimensão da instalação a implantar, e os resultados obtidos para o caudal e pressão a fornecer para o correto funcionamento da rede, a rede emalhada neste caso, não se mostrou vantajosa, porque os ramais exteriores que alimentam os sub-ramais da rede são de grande diâmetro e comprimento. A rede emalhada por si só tem maior extensão de tubagem que a rede ramificada.

Sabe-se no entanto que o seu maior custo inicial é muitas vezes compensado, pelas vantagens de exploração que oferece, nomeadamente em caso de avarias.

A rede ramificada neste projeto resulta numa solução mais económica, tendo em conta que o maior comprimento de tubagens é de diâmetros mais reduzidos, portanto, implica menores custos por metro.

Em relação ao dimensionamento da bomba, a rede ramificada apesar de necessitar de um maior caudal (diferença pouco significativa em relação à emalhada), necessita por sua vez de uma menor pressão, valor este que justifica uma menor necessidade de potência e uma consequente poupança no momento da escolha da bomba.

A rede emalhada tem a vantagem de ter uma distribuição de caudal em que é possível alimentar a rede por dois caminhos diferentes. Em contrapartida a ramificada apresenta como inconveniente a sua reduzida flexibilidade, isto é, em caso de avaria o abastecimento em toda a rede situada a jusante fica cortada. A sua principal vantagem reside na sua maior economia relativamente ao investimento inicial.

Sugere-se como possível tema de desenvolvimento de trabalho futuro o estudo técnico e económico entre sistemas de neblina (fine water mist) e um sistema de sprinklers tradicional.

Ao longo desta tese houve a preocupação de estudar vários tipos de sprinklers e as suas aplicações, de modo a facilitar a melhor escolha do sprinkler, em função da classe de risco e utilização-tipo, de acordo com a legislação nacional e internacional reconhecida.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://www.nfpa.org/assets/files/pdf/os.sprinklers.pdf>. 26/06/2012.
- [2] M.R. Pedroso, Vítor. *Sistemas de combate a incêndios em edifícios*. LNEC, Lisboa, 2010.
- [3] <http://osha.europa.eu/pt/publications/factsheets/77/>. 27/06/2012.
- [4] Ferreira de Castro, Carlos, Barreira Abrantes, José. *Manual de Segurança contra Incêndio em Edifícios*. Escola Nacional de Bombeiros, Sintra, 2009.
- [5] <http://www.projetobrigadasincendio.blogspot.pt>. 27/06/2012.
- [6] Portaria n.º 1532/2008, de 29 de Dezembro, *Diário da República n.º 250 – I Série*, Ministério da Administração Interna, Lisboa.
- [7] Regulamento de Segurança Contra Incêndio, Porto Editora, 2009.
- [8] European Committee for Standardization (EN 12845), *fixed firefighting systems – Automatic sprinkler systems – design, installation and maintenance*, 2009.
- [9] National Fire Protection Association (NFPA 13), *Standard for the Installation of Sprinkler Systems*, 2007.
- [10] Autoridade Nacional de Proteção Civil, *Nota Técnica n.º 16 – Complementar ao Regulamento Geral de SCIE*, versão 01/12/2011.
- [11] Instituto Português da Qualidade. *Segurança contra incêndios; extintores de incêndios; classes de fogos; agentes extintores*, (prNP 1800 /2011).
- [12] NP 1800: 2011, CT 46 (APSEI). *Segurança contra incêndios. Agentes extintores. Seleção segundo a classe de fogos*, Outubro 2011.
- [13] <http://www.alvinus.ind.br/>. 29/06/2012.
- [14] Autoridade Nacional de Proteção Civil, *Nota Técnica n.º 18 – Complementar ao Regulamento Geral de SCIE*, versão 01/12/2011.
- [15] <http://www.apsei.org.pt>. 29/06/2012.
- [16] Autoridade Nacional de Proteção Civil, *Nota Técnica n.º 12 – Complementar ao Regulamento Geral de SCIE*, versão 01/12/2011.
- [17] Autoridade Nacional de Proteção Civil, *Nota Técnica n.º 14 – Complementar ao Regulamento Geral de SCIE*, versão 01/12/2011.
- [18] <http://www.ksb.com>. 29/06/2012.
- [19] <http://www.hannovalve.com.pt>. 29/06/2012.
- [20] M.R. Pedroso, Vítor. *Manual dos Sistemas Prediais de Distribuição e Drenagem de Águas*. LNEC, 2008.
- [21] Specifications for Sprinkler System – *Planning and installation*, CEA 4001.
- [22] Autoridade Nacional de Proteção Civil, *Nota Técnica n.º 15 – Complementar ao Regulamento Geral de SCIE*, versão 01/12/2011.
- [23] <http://www.revista.fundacaoaprender.org.br>. 29/06/2012.

- [24] Brentano, T., *Instalações Hidráulicas de Combate a Incêndios nas Edificações*, EDIPURCS, Porto Alegre, 2007.
- [25] Instituto de Seguros de Portugal. Regra técnica n.º 1 - *Sistema Automático de Extinção a Água – Sprinklers*. Lisboa, 1986.
- [26] Viking, *A Sensibilidade Térmica dos Sprinklers Automáticos*. Julho 2006.
- [27] <http://www.vikinggroupinc.com>. 29/06/2012.
- [28] <http://www.protexfire.com.br>. 29/06/2012.
- [29] <http://www.abnt.org.br/>. 29/06/2012.
- [30] <http://www.apta.pt>. 29/06/2012.
- [31] Trindade, Paula A. Dias. *Meios de Extinção de Incêndio – Sistemas Automáticos por Água*. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2009.
- [32] SOPSEC, Projeto de Plataforma Logística – Confidencial -, 02/03/2012.
- [33] E. Pereira, Vítor. *O Guia Prático do Visual Basic 2010*. Cent. Atlântico, 2010.

## **ANEXOS**

Fases	Descrição da Fase	Nº	Característica	Simb.	Unid.	Valor / Fórmula / Observações
0	Organizar Desenho da Instalação: Codificar ou numerar sequencialmente, a partir do sprinkler mais afastado da fonte de alimentação (F.A.), designado por S1, todos os sprinklers em funcionamento simultâneo (S1+i) e nós até à fonte de alimentação da instalação. (Destes modo definem-se os diversos "N" troços de tubagem a dimensionar)	0.2	Sprinkler mais afastado da F.A. Sprinkler em funcion. simultâneo Nó de uma tubagem	Exemplos: S1, S2, S3... A, B, C, etc.		Estruturar o <b>desenho da instalação</b> , definindo os troços a dimensionar: <b>Troços</b> de tubagem situados entre: - Dois sprinklers em funcionamento simultâneo. - Um sprinkler em funcionamento simultâneo e um nó. - Dois nós. - Um nó e a saída da fonte de alimentação (Sistema de Bombagem). - Ponto de derivação de uma tubagem.
		0.1	Nº de troços de uma instalação	N	nº	Nó
1	Dados de Entrada: Definir a Classe e Grupo de Risco aplicável à instalação. Fixar a área máxima de protecção por sprinkler. Fixar o espaçamento máximo entre sprinklers. Calcular o afastamento máximo dos sub-ramais. Fixar a área de operação. Calcular o número de sprinklers em funcionamento simultâneo por sub-ramal. Calcular o caudal unitário a dispersar por sprinkler. Calcular o caudal mínimo necessário ao correcto desempenho de cada sprinkler. Fixar o factor de escoamento dos sprinklers. Calcular a pressão dinâmica mínima no sprinkler mais afastado da fonte de alimentação. Fixar a % de afectação das perdas de carga locais. Decidir qual a fórmula de dimensionamento a utilizar. Fixar o factor de rugosidade aplicável a tubagens em aço para condução de água fria.	1.1	Classe e Grupo de Risco			Consultar <b>Quadro 3</b> .
		1.2	Área máx. de protecção / sprinkler	A <sub>S</sub>	m²	$D = A_S / S$
		1.3	Espacamento máx. entre sprinklers	S	m	Consultar <b>Quadro 3</b> .
		1.4	Afastamento máx. dos sub-ramais	D	m	$NS_{sim} = A_S / A_S$
		1.5	Fixar a área de operação	A <sub>O</sub>	m²	$NS_{sim} = A_O / A_S$
		1.6	Nº de sprinklers em funcionamento simultâneo	NS <sub>sim</sub>	nº	$NS_{sim} = A_O / A_S$
		1.7	Nº de sprinklers em funcionamento simultâneo por sub-ramal	NS <sub>sim/s.r.</sub>	nº	$NS_{sim/s.r.} = 1,2 \sqrt{A_O / S}$
		1.8	Densidade	Q <sub>unit.</sub>	l/min.m²	Consultar <b>Gráficos 1 ou 2</b> .
		1.9	Caudal mínimo por sprinkler	Q <sub>min.S.</sub>	l/min	$Q_{min.S.} = A_S \times Q_{unit.}$
		1.10	Constante do sprinkler	K	l/min.bar <sup>1/2</sup>	Consultar <b>Quadro 4</b> .
		1.11	Pressão mínima por sprinkler	P <sub>min.S.</sub>	kPa	$P_{min.S.} = 100 \cdot (Q_{min.S.} / K)^2$
		1.12	% afectação das perd. carga local	J <sub>lo</sub>	%	Por defeito, é efectuado um acréscimo de <b>30 %</b> ao comprimento dos troços analisados, para compensação das perdas de carga localizadas (ou <b>Quadro 2</b> ).
		1.13	Cálculo da perda de carga	ΔP	kPa	Cálculo das perdas de carga pelas fórmulas de Flamant ou Hazen & Williams. Por defeito, no cálculo das perdas de carga, adopta-se <b>b = 0,00023</b> se usada a fórmula de Flamant, ou <b>C = 120</b> se usada a fórmula de Hazen & Williams.
		1.14	Constante de Rugosidade	b ou C		
2	Introduzir a codificação dos diferentes troços estabelecida no desenho da instalação ( <b>Fase 0</b> ), definindo automaticamente os diversos "N" troços de tubagem. Com <b>Início</b> a partir do sprinkler mais afastado da fonte de alimentação, designado por S1. Imputar a cada troço em análise o nº de sprinklers abastecidos em simultâneo, na coluna correspondente. Imputar a cada troço em análise o nº total de sprinklers abastecidos pelo troço, na coluna correspondente.	0.1	Nº de troços de uma instalação	N	nº	Consultar <b>desenho da instalação</b> com os troços de tubagem devidamente codificados e situados entre: - Dois sprinklers em funcionamento simultâneo. - Um sprinkler em funcionamento simultâneo e um nó. - Dois nós. - Um nó e a saída da fonte de alimentação (Sistema de Bombagem).
		2.1	Nº de sprinklers em funcionamento simultâneo por troço	NS <sub>sim.troço</sub>	nº	Consultar <b>desenho da instalação</b> com os troços devidamente codificados.
		2.2	Nº total de sprinklers abastecidos por troço	NS <sub>troço</sub>	nº	
		3.1	Comprimento do troço	L <sub>real</sub>	m	Consultar <b>desenho da instalação</b> com os troços devidamente codificados. O desnível "h" deverá ser considerado positivo se o troço for ascendente e negativo se o troço for descendente.
3	Imputar a cada troço da instalação o respectivo comprimento e desnível. Por <b>opção</b> , adicionar ao comprimento do troço de tubo em análise, as perdas de carga referentes aos acessórios utilizados, por consulta do <b>Quadro 2</b> . Determinar o comprimento equivalente de cada troço.	3.2	Desnível do troço	h	m	Por defeito, é efectuado um acréscimo de <b>30 %</b> ao comprimento dos troços analisados, para compensação das perdas de carga localizadas.
		3.3	Comprimento equivalente local	L <sub>eq. local</sub>	m	$L_{eq. total} = L_{real} + L_{eq. local}$
		3.4	Comprimento equivalente total	L <sub>eq. total</sub>	m	
4	Dimensionar o troço que contém o sprinkler mais afastado da fonte de alimentação, designado por S1. Atribuir ao sprinkler S1 o caudal e pressão mínimos já calculados, necessários ao correcto desempenho do mesmo. Impor a dimensão nominal mínima (DN 25), aplicável a uma instalação de tipo extinção automática (ver <b>Quadro 5</b> ). Fixar o correspondente diâmetro interior normalizado da tubagem de aço, em conformidade com a <b>norma europeia EN 10255 (Série Média)</b> ou equivalente. Calcular a perda de carga unitária (J) deste troço. Calcular a perda de carga dinâmica (ΔP) deste troço. Calcular a pressão inicial (P <sub>i</sub> ) deste troço.	1.9	Caudal mínimo por sprinkler	Q <sub>min.S.</sub>	l/min	Consultar <b>Quadro 5</b> .
		1.11	Pressão mínima por sprinkler	P <sub>min.S.</sub>	kPa	
		5.5	Dimensão nominal	DN	mm	Consultar <b>Quadro 1</b> .
		5.2	Diâmetro interior normalizado do tubo de aço	D <sub>i</sub> cálculo	mm	$\Delta P = 9,81 \cdot J \cdot L_{eq. total}$ $J = 22494 \cdot b \cdot \frac{V^{1,75}}{D_i^{4,75}}$ ou $J = 61,7 \cdot 10^3 \cdot \frac{Q_{1,95}^{1,85}}{C^{1,85} \cdot D_i^{4,87}}$
		7.1	Perda de carga unitária	J	m/m	
		7.2	Perda de carga dinâmica no troço	ΔP	kPa	
		6.1	Pressão inicial no troço	P <sub>i</sub>	kPa	$P_i = P_{min.S.} + \Delta P$
		6.2	Pressão final no troço	P <sub>f</sub>	kPa	$P_f = P_i + \Delta P$
		6.3	Pressão final corrigida no troço	P <sub>fc</sub>	kPa	$P_{fc} = P_f + 9,81 \cdot h$
5	Para cada troço em análise: Impor a dimensão nominal mínima aplicável a uma instalação de tipo extinção automática, em função do nº total de sprinklers abastecidos (ver <b>Quadro 5</b> ). Fixar o correspondente diâmetro interior normalizado da tubagem de aço, em conformidade com a <b>norma europeia EN 10255 (Série Média)</b> ou equivalente. E correspondentes designações normalizadas do tubo de aço.	2.2	Nº total de sprinklers abastecidos por troço	NS <sub>troço</sub>	nº	Consultar <b>desenho da instalação</b> com os troços devidamente codificados.
		5.5	Dimensão nominal	DN	mm	Consultar <b>Quadro 5</b> .
		5.2	Diâmetro interior normalizado do tubo de aço	D <sub>i</sub>	mm	Consultar <b>Quadro 1</b> .
		5.3	Diâmetro exterior	D	mm	Adicionalmente, as correspondentes dimensões da Rosca (R).
6	Tendo-se iniciado a análise pelo troço da instalação que contém o sprinkler S1, considerando na posição mais desfavorável, percorrer a instalação de forma sequencial e do fim para o início, para o cálculo das pressões instaladas em cada troço, com base no seguinte raciocínio: a) A <b>pressão final corrigida</b> (P <sub>fc</sub> ) de um qualquer troço, deverá ser a <b>pressão inicial</b> (P <sub>i</sub> ) do(s) troço(s) situado(s) imediatamente a jusante. b) A <b>pressão inicial</b> (P <sub>i</sub> ) de um qualquer troço, deverá ser a <b>pressão final corrigida</b> (P <sub>fc</sub> ) de um troço situado imediatamente a montante. c) Relacionar P <sub>i</sub> com P <sub>fc</sub> através das <b>Fórmulas de Flamant ou Hazen &amp; Williams</b> , ao critério do projectista. d) Relacionar P <sub>i</sub> com P <sub>fc</sub> através da perda de carga estática.	6.1	Pressão inicial no troço	P <sub>i</sub>	kPa	A relação entre as <b>pressões inicial (P<sub>i</sub>)</b> e <b>final (P<sub>f</sub>)</b> de um determinado troço, são estabelecidas através do cálculo da perda de carga linear unitária pelas <b>Fórmulas de Flamant ou Hazen &amp; Williams</b> . $P_i = P_f + \Delta P$ $\Delta P = 9,81 \cdot J \cdot L_{eq}$ $P_f = P_i + 9,81 \cdot h$
		6.2	Pressão final no troço	P <sub>f</sub>	kPa	
		6.3	Pressão final corrigida no troço	P <sub>fc</sub>	kPa	A relação entre as <b>pressões Final (P<sub>f</sub>)</b> e <b>final corrigida (P<sub>fc</sub>)</b> de um determinado troço, são estabelecidas através do cálculo da perda de carga <b>correspondente à diferença de cota piezométrica</b> . A <b>pressão final</b> de um troço (P <sub>f</sub> ), traduz a perda de carga <b>dinâmica</b> nesse troço. A <b>pressão final corrigida</b> de um troço (P <sub>fc</sub> ), acrescenta à (P <sub>f</sub> ) a perda de carga <b>estática</b> nesse troço, devida ao desnível do mesmo (caso exista).
7	Para cada troço em análise, determinar o respectivo caudal de cálculo do seguinte modo: a) Se o troço em análise finaliza num sprinkler e: a1) a jusante não existe outro sprinkler de funcionamento simultâneo, adoptar para efeitos de cálculo: <b>Q<sub>troço</sub> = Q<sub>min.S.</sub></b> a2) a jusante existe outro sprinkler de funcionamento simultâneo, adoptar para efeitos de cálculo: <b>Q<sub>troço</sub> = Q<sub>Q</sub> + Q<sub>acumul. a jusante</sub></b> , onde <b>Q<sub>Q</sub> = K · (0,01 · P<sub>fc</sub>)<sup>1/2</sup></b> b) Se o troço em análise finaliza num sub-ramal de funcionamento simultâneo, adoptar para efeitos de cálculo: <b>Q<sub>troço</sub> = Q<sub>sub-ramal</sub> + Q<sub>acumul. a jusante</sub></b> , onde <b>Q<sub>sub-ramal</sub> = Q<sub>sub-ramais</sub> / (0,01 · P<sub>i</sub> sub-ramal)<sup>1/2</sup></b> e <b>Q<sub>sub-ramais</sub> = Q<sub>sub-ramais</sub> / (0,01 · P<sub>i</sub> sub-ramal)<sup>1/2</sup></b> . c) Ou então: <b>Q<sub>troço</sub> = Q<sub>acumul. a jusante</sub></b> . Calcular a perda de carga unitária (J) de cada troço. Calcular a perda de carga dinâmica (ΔP) de cada troço. Calcular a perda de carga total (ΔP <sub>c</sub> ) de cada troço.	1.9	Caudal mínimo por sprinkler	Q <sub>min.S.</sub>	l/min	<b>P<sub>min.S.</sub> = P<sub>fc</sub></b> do 1º troço a dimensionar, o qual finaliza no sprinkler (S1) mais afastado da fonte de alimentação. Designa-se por sub-ramal 1, o sub-ramal em funcionamento simultâneo que contém o sprinkler (S1) mais afastado da fonte de alimentação. $Q_{sub-ramal1} = Q_{sub-ramais} / \sqrt{0,01 \cdot P_{i \text{ sub-ramal1}}}$ $Q_Q = K \cdot \sqrt{0,01 \cdot P_{fc}}$ $Q_{sub-ramal} = Q_{sub-ramal1} + \sqrt{0,01 \cdot P_{fc}}$ $Q_{sub-ramal1} = \sum Q_S$ situados a jusante
		1.11	Pressão mínima por sprinkler	P <sub>min.S.</sub>	kPa	
		1.10	Constante do sprinkler	K	l/min.bar <sup>1/2</sup>	
		4.1	Constante do sub-ramal 1	K <sub>sub-ramal1</sub>	l/min.bar <sup>1/2</sup>	
		4.2	Caudal de serviço do sprinkler	Q <sub>S</sub>	l/min	
			Caudal de serviço do sub-ramal	Q <sub>sub-ramal</sub>	l/min	
			Caudal de serviço do sub-ramal 1	Q <sub>sub-ramal1</sub>	l/min	
		4.3	Caudal de cálculo	Q <sub>troço</sub>	l/min	
			Caudal acumulado a jusante	Q <sub>acum. a jusante</sub>	l/min	
8	Calcular a perda de carga acumulada admissível (ΔP <sub>adm. a.p.</sub> ). Fixar a perda de carga acumulada admissível (ΔP <sub>adm. a.p.</sub> ). Calcular a velocidade de escoamento em cada troço. Fixar a velocidade admissível nos ramais principais. Calcular a Necessidade de Pressão-Abastecimento (P <sub>ramal</sub> ). Calcular a Necessidade de Caudal-Abastecimento (Q <sub>ramal</sub> ).	7.1	Perda de Carga unitária	J	m/m	$\Delta P_{acum. a.p.} = \Delta P_{alimentação} + \Delta P_{columna} + \Delta P_{tranco} + \Delta P_{ramal}$
		7.2	Perda de Carga dinâmica no troço	ΔP	kPa	
		7.3	Perda de Carga total no troço	ΔP <sub>c</sub>	kPa	Usualmente limitada a 50 kPa.
		8.1	Perda de carga acumulada nos ramais principais	ΔP <sub>acum. a.p.</sub>	kPa	
		8.3	Perda de carga admissível	ΔP <sub>adm. a.p.</sub>	kPa	
9	Calcular a velocidade de escoamento em cada troço. Fixar a velocidade admissível nos ramais principais. Calcular a Necessidade de Pressão-Abastecimento (P <sub>ramal</sub> ). Calcular a Necessidade de Caudal-Abastecimento (Q <sub>ramal</sub> ).	9.1	Veloc. de escoamento no troço	V	m/s	$V = 66,7 \cdot Q_{troço} / (\pi \cdot D_i^2)$ Usualmente limitada a 2,5 m/s.
		9.3	Veloc. adm. nos ramais principais	V <sub>adm.</sub>	m/s	
		10.1	Necessidade de pressão	P <sub>ramal</sub>	kPa	
10	Calcular a Necessidade de Pressão-Abastecimento (P <sub>ramal</sub> ). Calcular a Necessidade de Caudal-Abastecimento (Q <sub>ramal</sub> ).	10.2	Necessidade de caudal	Q <sub>ramal</sub>	l/min	Consultar <b>Quadro 6</b> .
11	O dimensionamento está concluído se: 1. Os ramais principais cumprirem com os limites de perda de carga dinâmica e velocidade de escoamento aplicáveis. 2. A instalação cumprir com as necessidades de pressão e caudal aplicáveis (ver <b>Quadro 6</b> ). Se tal não suceder, subir um escalão no valor do diâmetro interior normalizado desse troço e regressar à <b>fase 6</b> .					Consultar <b>Quadro 6</b> .
12	Subir um escalão no valor do diâmetro interior do tubo.	5.1	Diâmetro interior imposto	D <sub>i</sub> imposto	mm	Consultar <b>Quadro 1</b> , caso seja necessário redimensionar.

Referências Bibliográficas: Regras Técnicas do S.F.A., norma NPEN 12, Manual do Sistema Privado de Distribuição e Dragens de Água do L.N.E.C. (2ª edição 2004) e Manual do Instalador da APTA.

Figura A1. - Procedimentos de cálculo de uma rede húmida de sprinklers com base na folha de cálculo APTA.



Dimensionamento de Sistema de Extinção Automática (Rede de Sprinklers Tipo Húmido)

Ref.:

Descrição:

Data:

Características e Especificações:

Decisões

Adoptado

Observações

1.1

Quadro 3

Classe e Grupo de Risco / Utilização Tipo

Outra Classe de Risco

Outra Classe de Riscos

1.5

Quadro 3

Área de operação

$A_o$

$m^2$

108,0

108

Função da Classe de Risco

1.2

Quadro 3

Área de cobertura por sprinkler

$A_s$

$m^2$

9,0

9,0

Função da Classe de Risco

1.6

Quadro 3

$V^o$  total de sprinklers em funcion. simultâneo

$NS_{sim}$

$n^o$

12

12

Característica obtida por cálculo

1.3

Quadro 3

Espaçamento entre sprinklers

$S$

$m$

3,00

3,00

1.8

Gráficos 12

Caudal unitário a dispersar por sprinkler

$Q_{un}$

$l/min.m^2$

60,00

60,00

Densidade de descarga

1.10

Quadro 4

Sprinkler DN 10 (x) ou especificar o valor de Sprinklers: sprinkler DN 15 (x) ou especificar o valor de sprinkler DN 20 (x) ou especificar o valor de

$K$

métrico

322

$K = 322$

Atenção: constante K fora de tolerância

1.12

Gráficos 12

% de afectação das perdas de carga locais

$J_a$

%

30%

30%

Para cálculo do comprimento equivalente

1.13

Gráficos 12

Opção de dimensionamento pela fórmula de Flamant (X)

Dimensionamento efectuado pela fórmula de Hazen & Williams

1.14

Gráficos 12

Constante de rugosidade - Água Fria

$C$

120

120

Valor típico para tubagens em aço galvanizado.

Seleccionar unidades de caudal

$l/min$

Caudais expressos em  $l/min$ .

Seleccionar unidades de pressão

$bar$

Pressões expressas em  $bar$ .

1.4

Afastamento máximo dos sub-ramais

$D$

$m$

3,00

1.6

$P^o$  total adoptado de sprinklers em funcionamento simultâneo

$NS_{sim}$

$n^o$

12

1.7

$P^o$  de sprinklers em funcionamento simultâneo por sub-ramal

$NS_{sim,sub,r}$

$n^o$

4

1.9

Caudal necessário ao correcto desempenho de cada sprinkler

$Q_{un,S}$

$l/min$

540,00

1.11

Pressão dinâmica no sprinkler mais afastado da alimentação

$P_{min,S}$

$bar$

2,81

8.4

Perda de carga dinâmica total

$\Delta P_{acum,Tota}$

$bar$

1,55

8.1

Perda de carga dinâmica nos ramais principais

$\Delta P_{acum,R.P.}$

$bar$

1,15

10.6

Diâmetro interior médio da tubagem de aço (média ponderada)

$D_i$  médio

$mm$

196,5

10.1

Necessidade de pressão - Abastecimento

$P_{i,max}$

$bar$

5,5

10.2

Necessidade de caudal - Abastecimento

$Q_{i,max}$

$l/min$

6643,0

Avaliação global:

Dimensionamento Conforme

Limpar todos os dados

Atenção: Ao premir este botão realiza uma limpeza geral dos dados introduzidos.

(1)

(2)

(3)

(4)

(5)

(6)

(7)

(8)

(9)

(10)

(11)

(12)

(13)

(14)

(15)

(16)

(17)

(18)

(19)

(20)

(21)

(22)

(23)

(24)

(25)

(26)

Característica

0.2

2.1

2.2

3.1

3.2

Quadro 2

3.4

4.1

4.2

4.3

5.0

5.1

5.2

Quadros 1 e 5

5.5

6.1

6.2

6.3

7.1

7.2

7.3

8.1

8.2

9.1

9.2

Codificação dos troços

Nº de Sprinklers simultâneos

Comprimentos dos troços

Factor de caudal

Caudais

Tubo

Diâmetro normalizado

Designação

Pressões Instaladas

Perdas de Carga -  $\Delta P$

Velocidade

N

Início

Fim

$NS_{sim,troço}$

$NS_{troço}$

$L_{real}$

$h^o$

$L_{eq, local}$

$L_{eq, equiv}$

$K$

$Q_{S/sub-ramal}$

$Q_{troço}$

Classe

$D_i$  imposto

$D_i$  interior

$D$  exterior

Série Média

$P_i$

$P_f$

$P_{f,c}$

$J$

$\Delta P$

$\Delta P_o$

$\Delta P_{acum,R.P.}$

$\Delta P_{acum,R.P.} \leq 1,3$

$V$

$n^o$

$n^o$

$n^o$

$m$

$m$

$m$

$m$

métrico

$l/min$

$l/min$

S235

$mm$

$mm$

$mm$

R / NPS

DN

$bar$

$bar$

$bar$

$bar/m$

$bar$

$bar$

$bar$

$bar$

$m/s$

1

S2

S1

1

1

2,93

0,00

3,80

322,0

540,00

540,00

Aço

53,1

53,1

60,3

2

DN 50

2,96

2,81

2,81

0,039

0,15

0,15

Não aplicável

4,07

Não aplicável

2

S3

S2

2

2

2,93

0,00

3,80

322,0

553,99

1093,99

Aço

80,9

80,9

88,9

3

DN 80

3,03

2,96

2,96

0,018

0,07

0,07

Não aplicável

3,55

Não aplicável

3

S4

S3

3

3

2,93

0,00

3,80

322,0

554,65

1648,65

Aço

80,9

80,9

88,9

3

DN 80

3,18

3,03

3,03

0,039

0,15

0,15

Não aplicável

5,35

Não aplicável

4

A

S4

4

4

1,46

0,00

1,90

322,0

555,24

2203,89

Aço

105,3

105,3

114,3

4

DN 100

3,22

3,18

3,18

0,019

0,04

0,04

Não aplicável

4,22

Não aplicável

5

B

A

4

8

2,96

0,00

3,85

1229,0

2203,89

Aço

129,7

129,7

139,7

5

DN 125

3,24

3,22

3,22

0,007

0,03

0,03

1,15

Conforme

2,78

Conforme

6

C

B

8

16

2,96

0,00

3,85

1229,0

2212,79

4416,68

Aço

155,1

155,1

165,1

6

DN 150

3,28

3,24

3,24

0,010

0,04

0,04

1,13

Conforme

3,90

Conforme

7

D

C

12

376

133,20

0,00

173,16

1229,0

2226,21

6642,89

Aço

206,5

206,5

219,1

8

DN 200

4,22

3,28

3,28

0,005

0,94

0,94

1,09

Conforme

3,31

Conforme

8

E

D

12

384

20,18

11,00

26,23

1229,0

6642,89

Aço

206,5

206,5

219,1

8

DN 200

5,44

5,30

4,22

0,005

0,14

1,22

0,15

Conforme

3,31

Conforme

9

F

E

12

384

1,00

0,50

1,30

1229,0

6642,89

Aço

206,5

206,5

219,1

8

DN 200

5,49

5,49

5,44

0,005

0,01

0,06

0,01

Conforme

3,31

Conforme

Legenda e nota(s):

Obtido no desenho da instalação

Dados de entrada / decisões

Calculado com recurso a fórmulas

Retirado de quadros de especificações

Restrições / Alertas

2,93 m - 2

- Tubo com costura W (DN 50)

5,85 m - 3

- Tubo com costura W (DN 80)

1,46 m - 4

- Tubo com costura W (DN 100)

2,96 m - 5

- Tubo com costura W (DN 125)

2,96 m - 6

- Tubo com costura W (DN 150)

##### m - 8

- Tubo com costura W (DN 200)

Especificações gerais do sistema de canalização:

Tubos de Aço - Série Média (M) - Com Costura (W) - Conformes NP EN 10255 - Opção: Galvanizados conforme NP EN 10240 - com Certificação CERTIF.

Unidos mediante:

Acessórios Roscados em Ferro Fundido Maleável -

Crítérios de Dimensionamento:

8.3

Perda de carga dinâmica admissível-Ramais Principais:

$\Delta P_{acum,adm}$

$bar$

1

1,30

9.3

Velocidade admissível-Ramais Principais:

$V_{adm}$

$m/s$

6,0

6

10.3

Quadro 6 F.A. - Pressão min. exigida: Não aplicável.

$P_{i,min}$

$bar$

10.4

Quadro 6 F.A. - Caudal min. exigido: Não aplicável.

$Q_{i,min}$

$l/min$

$\Delta P_{acum,R.P.} \leq \Delta P_{acum,adm}$

$V \leq V_{adm}$

Figura A2. - Resultados do dimensionamento da rede ramificada.

**RAMIFICADA**

Caudal necessário para alimentar a rede  
6643 L/min

Setor 17

TROÇOS		Qc = Qa			Diam.inter.	U	$\Delta h$ (m.c.a/m)	L	$\Delta h$	$\Delta h$	$\Delta h$	Pmont.	Pjusante
Montante	Jusante	L/min	L/s	m <sup>3</sup> /s	mm	m/s	contínuo/m	m	m.c.a	localizado	desnivel	m.c.a	m.c.a.
111	Barrilete	7589	126,48	0,126	206,5	3,78	0,0692	61,38	4,2479	0	2,9	62,15	55,00
112	111	7589	126,48	0,126	260,4	2,38	0,0224	400,24	8,9529	0	0	71,10	62,15
113	112	7589	126,48	0,126	260,4	2,38	0,0224	78,51	1,7562	0	-2,2	70,66	71,10
114	113	7589	126,48	0,126	260,4	2,38	0,0224	52,01	1,1634	0	-1	70,82	70,66
Bomba	114	7589	126,48	0,126	260,4	2,38	0,0224	22,44	0,5020	0	2	73,32	70,82

7,33 bar

**EMALHADA**

Caudal necessário para alimentar a rede  
6606 L/min

Setor 17

TROÇOS		Qc = Qa			Diam.inter.	U	$\Delta h$ (m.c.a/m)	L	$\Delta h$	$\Delta h$	$\Delta h$	Pmont.	Pjusante
Montante	Jusante	L/min	L/s	m <sup>3</sup> /s	mm	m/s	contínuo/m	m	m.c.a	localizado	desnivel	m.c.a	m.c.a.
Barrilete	malha	6606	110,10	0,110	206,5	3,29	0,0686	12,94	0,8875	0	11,5	61,65	49,26
111	Barrilete	7552	125,87	0,126	206,5	3,76	0,0535	61,38	3,2864	0	2,9	67,83	61,65
112	111	7552	125,87	0,126	260,4	2,36	0,0222	400,24	8,8723	0	0	76,71	67,83
113	112	7552	125,87	0,126	260,4	2,36	0,0222	78,51	1,7404	0	-2,2	76,25	76,71
114	113	7552	125,87	0,126	260,4	2,36	0,0222	52,01	1,1529	0	-1	76,40	76,25
Bomba	114	7552	125,87	0,126	260,4	2,36	0,0222	22,44	0,4974	0	2	78,90	76,40

7,89 bar

Qc - caudal de cálculo

Qa - caudal acumulado

Figura A3. - Cálculo da pressão necessária na bomba (percurso barrilete – bomba).



Dimensionamento de Sistema de Extinção Automática (Rede de Sprinklers Tipo Húmido)

Ref.:

Descrição:

Data:

Características e Especificações:

1.1 Quadro 3 Classe e Grupo de Risco / Utilização Tipo

1.5 Quadro 3 Área de operação

1.2 Quadro 3 Área de cobertura por sprinkler

1.6 N° total de sprinklers em funcion. simultâneo

1.3 Quadro 3 Espaçamento entre sprinklers

1.8 Gráfico 1.2 Caudal unitário a dispersar por sprinkler

1.10 Quadro 4 Sprinkler DN 10 (x) ou especificar o valor de

1.10 Sprinklers Sprinkler DN 15 (x) ou especificar o valor de

1.10 Sprinklers Sprinkler DN 20 (x) ou especificar o valor de

1.12 % de afectação das perdas de carga locais

1.13 Opção de dimensionamento pela fórmula de Flamant (X)

1.14 Constante de rugosidade - Água Fria

Decisões

Adoptado

Observações

Outra Classe de Risco

Outra Classe de Risco

Função da Classe de Risco

Função da Classe de Risco

Característica obtida por cálculo

Densidade de descarga

Atenção: constante K fora de tolerância

Para cálculo do comprimento equivalent

Dimensionamento efectuado pela fórmula de Hazen & Williams

Valor típico para tubagens em aço galvanizado.

Caudais expressos em l/min.

Pressões expressas em bar.

Especificações calculadas

1.4 Afastamento máximo dos sub-ramais

1.6 N° total adoptado de sprinklers em funcionamento simultâneo

1.7 N° de sprinklers em funcionamento simultâneo por sub-ramal

1.9 Caudal necessário ao correcto desempenho de cada sprinkler

1.11 Pressão dinâmica no sprinkler mais afastado da alimentação

1.4 Perda de carga dinâmica total

1.8 Perda de carga dinâmica nos ramais principais

1.10 Diâmetro interior médio da tubagem de aço (módulo ponderado)

1.11 Necessidade de pressão - Abastecimento

1.12 Necessidade de caudal - Abastecimento

1.13 Avaliação global:

Limpar todos os dados

Atenção: Ao premir este botão realiza uma limpeza geral dos dados introduzidos.

(1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10) (11) (12) (13) (14) (15) (16)

Característica: 0,2 2,1 2,2 3,1 3,2 Quadro 2 3,4 4,1 4,2 4,3 5,0 5,1 5,2 Quadros 1 e 5 5,5 6,1 6,2 6,3 7,1 7,2 7,3 8,1 8,2 9,1 9,2

Codificação dos troços

N° de Sprinklers

Comprimentos dos troços

Factor de caudal

Caudais

Tubo material

Diâmetro normalizado

Designação

Pressões Instaladas

Perdas de Carga - ΔP

Velocidade

N Início Fim

NS<sub>simultâneo</sub> NS<sub>total</sub>

L<sub>real</sub> h<sup>11</sup> L<sub>eq. local</sub> L<sub>eq.</sub>

K

Q<sub>int.méd.</sub> Q<sub>total</sub>

Classe

D<sub>int.posto</sub> D<sub>int.</sub> D<sub>ext.</sub>

Série Média

P<sub>i</sub> P<sub>f</sub> P<sub>tc</sub>

J

ΔP

ΔP<sub>c</sub>

ΔP<sub>acum. B.P.</sub>

ΔP<sub>acum. B.P. ≤ 2,0</sub>

V

0,5 ≤ V ≤ 6,0

1 S2 S1 1 1 2,93 0,00 2,93 322,0 540,00 540,00

2 S3 S2 2 2 2,93 0,00 2,93 322,0 540,00 1083,06

3 S4 S3 3 3 2,93 0,00 2,93 322,0 554,00 1637,06

4 A S4 4 4 6,75 0,00 6,75 322,0 564,54 2201,60

Aço 68,9 68,9 76,1 2 1/2 DN 65

Aço 68,9 68,9 76,1 2 1/2 DN 65

Aço 68,9 68,9 76,1 2 1/2 DN 65

Aço 68,9 68,9 76,1 2 1/2 DN 65

2,84 2,81 2,81 0,011 0,03 0,03

2,96 2,84 2,84 0,040 0,12 0,12

3,21 2,96 2,96 0,085 0,25 0,25

4,20 3,21 3,21 0,147 0,99 0,99

Não aplicável 2,42 Não aplicável

Não aplicável 4,84 Não aplicável

Não aplicável 7,32 Não aplicável

Não aplicável 9,95 Não aplicável

Legenda e nota(s):

Órtio no desenho da instalação

Dados de entrada / decisões

Calculado com recurso a fórmulas

Retirado de quadros de especificações

Restrições / Alertas

15,53 m - 2 1/2 - Tubo com costura W (DN 65)

Especificações gerais do sistema de canalização:

Tubos de Aço - Série Média (M) - Com Costura (W) - Conformes NP EN 10255 - Opção: Galvanizados conforme NP EN 10240 - com Certificação CERTIF.

Unidos mediante:

Acessórios Roscados em Ferro Fundido Maleável -

Critérios de Dimensionamento:

8.3 Perda de carga dinâmica admissível-Ramais Principais:

8.3 Velocidade admissível-Ramais Principais:

10.3 Quadro 6 F.A.- Pressão mín. exigida:

10.4 Quadro 6 F.A.- Caudal mín. exigido:

ΔP<sub>acum. B.P. ≤ ΔP<sub>acum. adm.</sub></sub>

V ≤ V<sub>admissível</sub>

Figura A4. - Cálculo do caudal necessário para alimentar 4 sprinklers no sub-ramal1.

A4

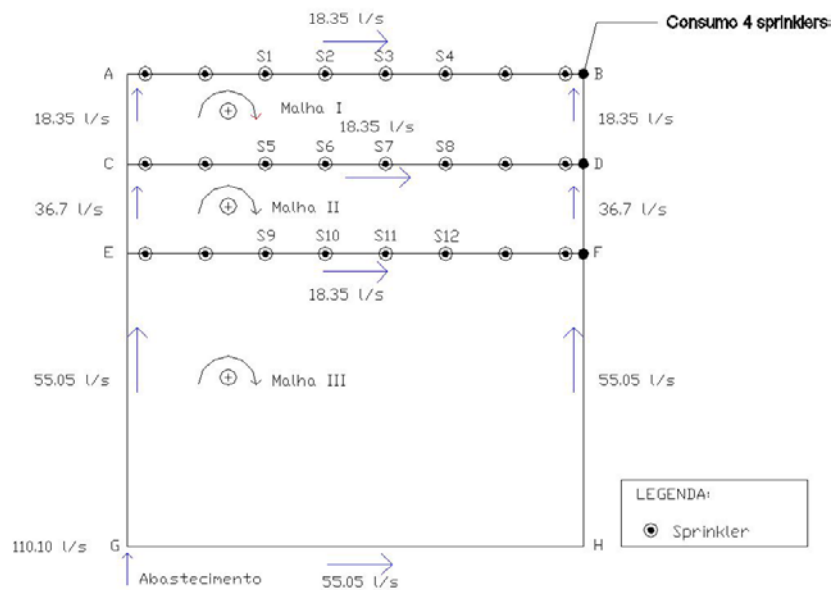


Figura A5.1. - Dados de entrada na folha de cálculo excel de redes emalhada.

Figura A5.2. - Introdução de dados da rede emalhada na folha excel (fórmula de Hazen-Williams).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1																													
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													
8																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													
25																													
26																													
27																													
28																													
29																													
30																													
31																													
32																													
33																													
34																													
35																													
36																													
37																													
38																													
39																													
40																													
41																													
42																													
43																													
44																													
45																													

Figura A6.1. - Resultados da 1ª Iteração de acerto da rede emalhada.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC
1																													
2																													
3																													
4																													
5																													
6																													
7																													
8																													
9																													
10																													
11																													
12																													
13																													
14																													
15																													
16																													
17																													
18																													
19																													
20																													
21																													
22																													
23																													
24																													
25																													
26																													
27																													
28																													
29																													
30																													
31																													
32																													
33																													
34																													
35																													
36																													
37																													
38																													
39																													
40																													
41																													
42																													
43																													
44																													
45																													

Figura A6.2. - Resultados da rede emalhada resolvida (fórmula de Hazen Williams).

Figura A7.1. - Introdução de dados da rede emalhada na folha excel (fórmula de Colebrook-White).

Figura A7.2. - Resultados da 1ª Iteração de acerto da rede emalhada.

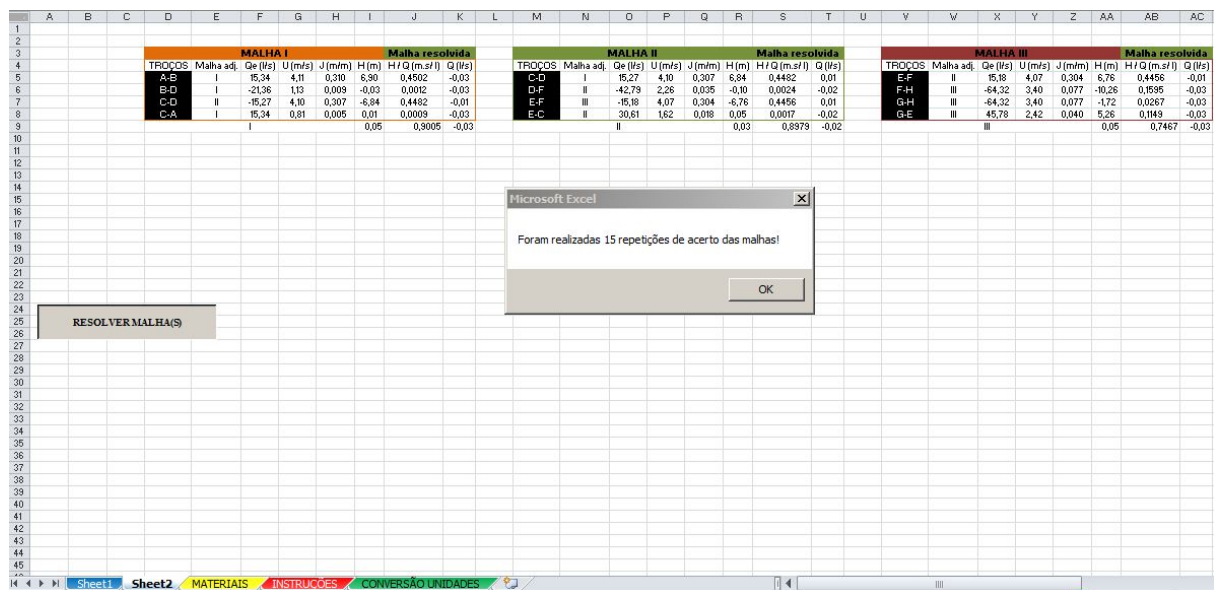


Figura A8. - Resultados da rede emalhada resolvida (fórmula de Colebrook-White).



## Armazém logística - Setores a cobrir

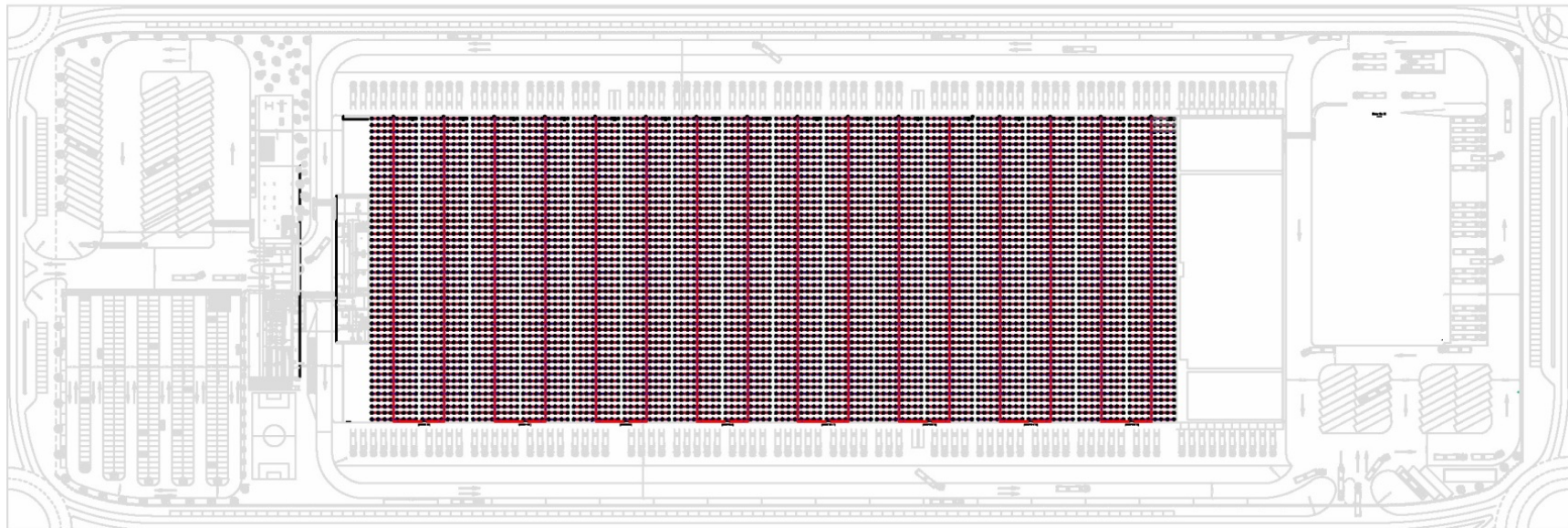


Figura A9. - Implantação das redes ramificadas dimensionadas nos respectivos setores.

### Armazém logística - Setores a cobrir

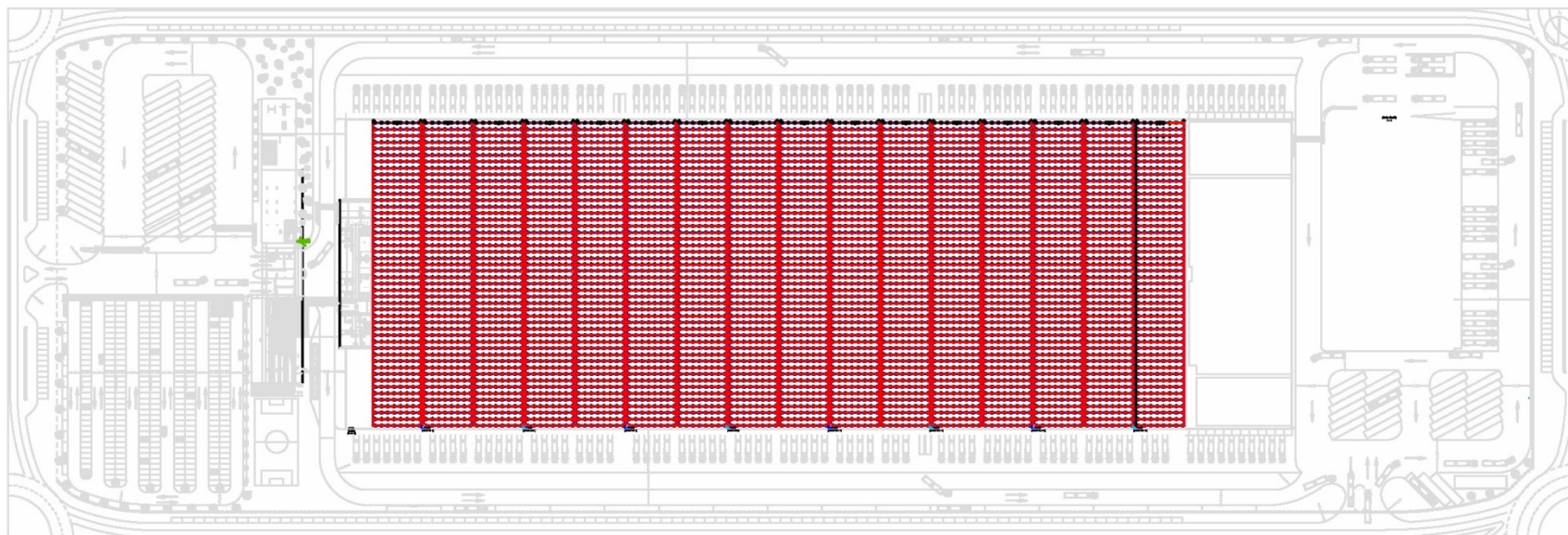


Figura A10. - Implantação das redes emalhadas dimensionadas nos respectivos setores.



## TUBOS DE AÇO LISO / PINT+RANH

### Produto certificado

**Aplicações:** Redes de incêndio, ar condicionado, aquecimento e ventilação, abastecimento de águas, ar comprimido e redes industriais

**Características Técnicas:** Tubo EN 10255 (DIN 2440 e DIN 2448)

‡ Pintura Ral 3000:




Decapagem Grau SA 2 1/2

1 demão primário alquídico aprox. 40 µm

1 demão acabamento alquídico Ral 3000 aprox. 60 µm

### Garantia da Pintura:

De 1 a 5 anos fornecida pelo fabricante de acordo com características do material e atendendo às condições ambientais e de montagem

Designação	Diâmetro Nominal	Diâmetro Exterior		Esp (mm)	Peso * (Kg/m)	Preço em Euro/m †			
		(Pol)	(mm)			Negro		Galvanizado	
						liso	pint+ranh	liso	pint+ranh
	<b>TUBO com costura EN 10255</b>								
	<b>SERIE MEDIA</b>								
	15	1/2"	21,3	2,6	1,26	2,13	3,08	2,92	3,92
	20	3/4"	26,9	2,6	1,63	2,53	3,51	3,55	4,61
	25	1"	33,7	3,2	2,49	3,76	4,83	5,29	6,47
	32	1 1/4"	42,4	3,2	3,21	4,77	6,12	6,75	8,23
	40	1 1/2"	48,3	3,2	3,68	5,50	7,02	7,84	9,53
	50	2"	60,3	3,6	5,18	7,75	9,73	10,96	13,17
	65	2 1/2"	76,1	3,6	6,60	10,03	12,55	14,15	16,95
	80	3"	88,9	4,0	8,58	13,09	16,12	18,39	21,79
	100	4"	114,3	4,5	12,49	19,44	25,65	27,11	34,60
	125	5"	139,7	5,0	16,95	26,46	34,53	36,66	46,78
	150	6"	165,1	5,0	20,21	31,57	41,24	43,61	55,73
	<b>TUBO com costura EN 10255</b>								
	<b>SERIE LIGEIRA</b>								
	15	1/2"	21,3	2,0	1,00	1,65		2,29	
	20	3/4"	26,9	2,3	1,45	2,19		3,12	
	25	1"	33,7	2,6	2,06	3,02		4,34	
	32	1 1/4"	42,4	2,6	2,65	3,84		5,50	
	40	1 1/2"	48,3	2,9	3,35	4,88		7,09	
	50	2"	60,3	2,9	4,23	6,16		8,85	
	65	2 1/2"	76,1	3,2	5,90	8,74		12,53	
	80	3"	88,9	3,2	6,94	10,30		14,70	
	90	3 1/2"	101,6	3,6	8,85	12,48		17,74	
	100	4"	114,3	3,6	10,03	15,23		21,57	
	125	5"	139,7	--	--	s/consulta		s/consulta	
150	6"	165,1	--	--	s/consulta		s/consulta		
	<b>TUBO sem costura DIN 2448</b>								
	<b>ST 37.0 DIN 1629</b>								
			33,7	2,60	1,99		s/consulta		
			42,4	2,60	2,55		s/consulta		
			48,3	2,60	2,93		s/consulta		
			60,3	2,90	4,11		s/consulta		
			76,1	2,90	5,24		s/consulta		
			88,9	3,20	6,76		s/consulta		
			114,3	3,60	9,83		s/consulta		
			139,7	4,00	13,40		s/consulta		
			168,3	4,50	18,20		s/consulta		
			219,1	6,30	33,10		s/consulta		
			273,0	6,30	41,40		s/consulta		
			323,9	7,10	55,50		s/consulta		
			355,6	8,00	68,60		s/consulta		
		406,4	8,80	86,30		s/consulta			

\*valor de referência para tubo galvanizado

† Preços: n/ tubo de 6 metros ranhurado nas duas extremidades

\*valor de referência para tubo galvanizado

† Preços p/ tubo de 6 metros ranhurado nas duas extremidades

Os preços indicados na tabela não incluem IVA  
A tabela pode ser alterada sem aviso prévio

Abril 2009, ver.01

Figura A11. - Tabela de preços dos tubos de aço galvanizado (série média).





	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
1	Tubos em aço da série média (NP EN 10255)																								
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19																									
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									
31																									
32																									
33																									
34																									
35																									
36																									
37																									
38																									
39																									
40																									
41																									
42																									
43																									
44																									
45																									
46																									
47																									
48																									
49																									
50																									

Figura A13.1. – Tabelas de consulta de diâmetros de tubagens e comprimentos equivalentes de acessórios.


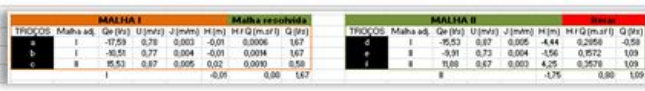
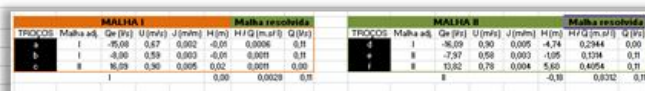
	A	B
1	Como utilizar a folha de cálculo ?	
2		
3	<b>Passos</b>	<b>INSTRUÇÕES</b>
4	1	Clicar botão "Introdução de dados";
5	2	Introduzir o número de malhas de estudo. Valor este, varia no intervalo de escolha [1,4];
6	3	Introduzir o número de troços que contém cada malha. Valor este, varia no intervalo de escolha [1, n];
7	4	Introduzir o valor, de critério (acerto) de paragem para efeitos de iteração de correção das malhas;
8	5	Designar o valor de rugosidade absoluta da tubagem (consulta TAB "MATERIAIS");
9	6	Designar o valor de viscosidade cinemática do líquido (água) m <sup>2</sup> /s;
10	7	Começar o preenchimento das tabelas, pela designação do respetivo troço, célula fundo preto. Só se aceitam designações tipo "a", "I" e ou "A-B". Nunca usar tipo "I-2"; Ver exemplo tipo <sup>14</sup> ;
11	8	Preenchimento dos restantes campos da tabela, nomeadamente o comprimento, diâmetro, caudal (negativo ou positivo consoante arbitrio de sentido de circulação de água na malha em relação ao troço) e malha adjacente. Os campos malha adjacente devem ser preenchidos como tal como "I", "II", "III" ou "IV";
12	9	Clicar botão "I: Iteração". É realizado o cálculo da(s) malha(s) e analisado se cumprem o critério de paragem ou não;
13	10	Caso alguma malha não cumpra o critério de paragem, aparece no topo superior direito do quadro da malha "iterar" a vermelho. Caso contrário "Malha resolvida" e não é necessário proceder mais nenhuma iteração, sendo estes os valores finais. Ver exemplo tipo <sup>14</sup> ;
14	11	No caso de ser necessário iterar, clicar no botão "Resolver malha(s)". É devolvido no final o número total de iterações para acerto das malhas, assim como os respetivos cálculos dos caudais finais que cumprem o critério de paragem predifinido. Ver exemplo tipo <sup>14</sup> ;
15	12	Respeitar as unidades dos parâmetros a introduzir, assim como o uso de "," e não de "." como pontuação decimal;
16	13	No tab "MATERIAIS" a amarelo, está disponibilizado para a série média de aço, diâmetros de tubos;
17	14	Disponibilizado no tab verde "CONVERSÃO UNIDADES" apoio à conversão de unidades.
18	Nota:	Caso as cores das tabelas não coincidirem com as os exemplos abaixo, efetuar o seguinte procedimento, Menu "Page layout" → toolbar "Themes"; Icon "Colours" → escolher 1ª opção (office)
19		
20	<b>Exemplos tipo:</b>	
21	<sup>14</sup>	
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30	<sup>15</sup>	
31		
32		
33		
34		
35		
36	<sup>16</sup>	
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		

Figura A13.2 – Instruções de como utilizar o programa.

